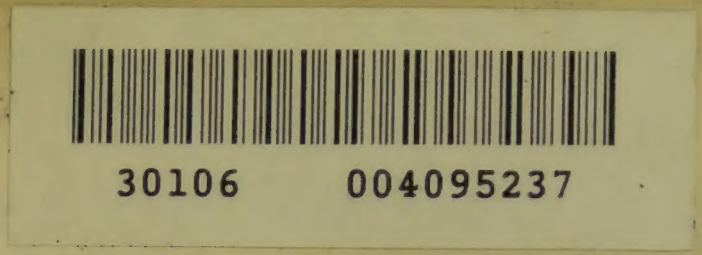
The University Library
Leeds

Medical and Dental
Library

Stack
QT 104
T51

STORE


30106 004095237

Gesammelte physiologische Arbeiten.

Hauptwerke des Verfassers.

1. De Choreae Indole, sede etc. Dissert. Inaug. Berlin 1864. (Deutsch in den Wiener med. Jahrbüchern. 1865.)
2. Die Lehre von der Tabes dorsalis. Berlin 1867. (Fortsetzung in Virchow's Archiv. 1867.)
3. Principes d'Electrotherapie. Von der Pariser Akademie gekrönte Preisschrift. Paris 1873.
4. Lehrbuch der Physiologie. (Russisch.) 2 Bde. Petersburg 1873—74.
5. Arbeiten aus dem physiologischen Laboratorium zu St. Petersburg. (Russisch.) St. Petersburg 1874.
6. Methodik der physiologischen Experimente und Vivisectionen. Mit Atlas. Petersburg und Giessen 1876.
7. Wissenschaftliche Unterhaltungen. (Russisch.) 1. Bd. Petersburg 1880. (2. Bd. im Druck.)
8. Nihilismus und Nihilisten. (Russisch.) Moskau 1886.

Im Druck:

9) La Russie Contemporaine. Paris.
10) La philosophie des Sciences. Paris.

Lith.v.G.Engelbach.

Druck v.J.Hesse, Berlin.

GESAMMELTE

PHYSIOLOGISCHE ARBEITEN

VON

DR. E. VON CYON.

UNIVERSITY OF LEEDS
MEDICAL LIBRARY

MIT 9 TAFELN, HOLZSCHNITTEN IM TEXTE

UND

DEM PORTRAIT DES VERFASSERS.

BERLIN 1888.

VERLAG VON AUGUST HIRSCHWALD.

NW. UNTER DEN LINDEN 68.

UNIVERSITY OF LEEDS
MEDICAL LIBRARY.

604649

Vorwort.

Die Sammlung meiner Abhandlungen enthält meine sämmtlichen rein physiologischen Untersuchungen, soweit sie in Akademischen Berichten und Zeitschriften zerstreut sind. Diese Untersuchungen wurden fast ausschliesslich in einem Zeitraume von 9 Jahren (Herbst 1865 bis Herbst 1874) ausgeführt; die in den Jahren 1878 und 1884 veröffentlichten bildeten nur den Abschluss früherer Forschungen. Dies erklärt die Spärlichkeit der Sammlung.

Sämmtliche Abhandlungen sind hier wörtlich, entweder im Original oder in Uebersetzung aus dem Französischen wiedergegeben; ich erlaubte mir nur einige redactionelle Correcturen. Die Versuchung lag nahe, einerseits späteren Bestätigungen und weiteren Ausführungen meiner Arbeiten Rechnung zu tragen, andererseits Beschwerde über manche Wiederauffindung längst von mir ans Licht gebrachter Thatsachen, mit nicht immer zufälliger Verschweigung meines Namens, zu führen. Es fiel mir nicht schwer, dieser Versuchung zu widerstehen. Wenn man den vielleicht zweifelhaften, aber jedenfalls seltenen Genuss hat, selbst seinen wissenschaftlichen Nachlass herauszugeben, so ist man längst von jeder wissenschaftlichen Eitelkeit frei. Prioritätsansprüche locken einem kaum noch ein Lächeln ab. Früher – ich möchte fast sagen, zu meinen Lebzeiten — besass ich diesen Gleichmuth nicht. Wenn ich daher mehrere vorläufige und polemische Mittheilungen in diese Sammlung aufgenommen habe, so geschah dies nur als Beweis, dass ich, wenn auch früher ein leidenschaftlicher Polemiker, doch immer gewissenhaft und überzeugt meine Autorrechte vertheidigte.

Es ist mir gegönnt worden, sämmtliche in meinen wissenschaftlichen Untersuchungen aufgeführten Thatsachen, auch die im Beginn am heftigsten bestrittenen, ausnahmslos bestätigt zu sehen. Wenn ich dies hervorhebe, so geschieht dies nicht blos zur Genugthuung meiner Selbstliebe.

Ich will Fachgenossen damit nur aufmuntern, diejenigen Untersuchungen, welche ich mir vorbehalten habe, selbst anzustellen, aufzu-

nehmen und weiterzuführen. Ich bin fest überzeugt, dass sie die verwendete Arbeit nicht zu bereuen haben werden. In dieser Beziehung möchte ich besonders auf meine Untersuchungen über die Bogengänge als die peripheren Organe des Raumsinns aufmerksam machen. Die Frage ist noch bei Weitem nicht erledigt und gebe ich mehrmals Winke für noch anzustellende Untersuchungen an. Seit dem Erscheinen meiner Abhandlung im Jahre 1878 sind besonders in französischer und englischer Sprache mehrere rein philosophische Erörterungen meiner Ansichten erschienen, die im Allgemeinen dieselben zu bekräftigen schienen. Von keiner Seite, weder bei mündlicher noch bei schriftlicher Discussion der Frage wegen der Existenz eines speciellen Organs für den Raumsinn, wurden mir Einwendungen gemacht, die meine Ueberzeugungen über die Rolle der Bogengänge erschüttern könnten.

Viel weniger konnten meine Ansichten beeinflusst werden durch die Misserfolge, welche einige angehende Experimentatoren bei der Wiederholung meiner Versuche erzielt haben. Die Versuche sind zwar sehr delicater Natur, aber durchaus nicht derart, dass bei Uebung und einiger Geschicklichkeit das Wiederholen derselben besondere Schwierigkeiten darbietet.

Die entscheidendsten dieser Versuche, sowohl an Tauben als an Fröschen, waren bei mir in Petersburg Vorlesungsversuche. Bei meinen Reisen habe ich in Leipzig, Würzburg, München, Paris u. s. w. die Versuche Collegen unzählige Male vorgezeigt.

Wem es nicht gelingen will, bei Tauben, Fröschen und Kaninchen durch sorgfältiges Operiren an den einzelnen Bogengängen genau die für jeden derselben characteristischen Bewegungen hervorzurufen, der wird besser thun, vom Experimentiren über die Bogengänge ganz Abstand zu nehmen.

Der ganze Kernpunkt der Frage liegt eben in der absoluten Gesetzmässigkeit, mit welcher die Verletzung eines jeden Bogengangpaares Bewegungen in der Ebene der operirten Canäle hervorruft.

Es wird mir gewiss zum Trost gereichen, wenn es einem Fachgenossen gelingen sollte, meine Theorie der Functionen der Bogengänge als peripherischer Organe für den Raumsinn noch weiter zu begründen. Dass dies früher oder später sicherlich der Fall sein wird, zweifle ich keinen Augenblick.

Paris, September 1887.

E. von Cyon.

Inhalt.

Seite

Vorrede V

I. Physiologie des Kreislaufs, Innervation des Herzens und der Gefässe 1

1. Ueber den Einfluss der Temperaturveränderungen auf Zahl, Dauer und Stärke der Herzschläge. (Hierzu Tafel I.) 1
2. Die Reflexe eines der sensiblen Nerven des Herzens auf die motorischen Nerven der Blutgefässe. (Hierzu Tafel II., Fig. 1 und 2) 38
3 Ueber die Innervation des Herzens vom Rückenmark aus . . 55
4. Ueber die Innervation des Herzens 58
5. Ueber die Innervation des Herzens 76
6. Ueber die Wirkung des Sauerstoffs und der Kohlensäure aufs Herz 79
7. Ueber die Wurzeln, durch welche das Rückenmark die Gefässnerven für die Vorderpfote aussendet. (Hierzu Tafel II., Fig. 3 und 4, und Tafel III. und IV.) 83
8. Die reflectorischen Wirkungen der sensiblen Nerven auf die Gefässnerven 95
9. Hemmungen und Erregungen im Centralsystem der Gefässnerven 96
10. Die Geschwindigkeit des Blutstroms in den Venen 110
11. Ueber den Nervus depressor beim Pferde. (Hierzu Tafel V.) . 127
12. Zur Lehre von der reflectorischen Erregung der Gefässnerven . 129
13. Ueber den Einfluss der Temperaturänderungen auf die centralen Enden der Herznerven. (Hierzu Tafel VI., Fig. 1) 138
14. Zur Physiologie des Gefässnervencentrums. (Hierzu Tafel VII. u. VIII.) 143

II. Physiologie der Athmung 154

1. Die Wirkung hoher atmosphärischer Drucke auf Athmung und Circulation 154
2. Die Wirkungsweise hoher barometrischer Drucke auf die Organe der Respiration und Circulation 156

III. Physiologie der Ernährung und des Stoffwechsels . . . 182

1. Die Bildung des Harnstoffs in der Leber 182

Seite

2. Die Rolle der Nerven bei Erzeugung von künstlichem Diabetes mellitus 183
3. Ueber die physiologische Wirkung des Borax 193
4. Der Borax als inneres Desinfectionsmittel 195

IV. Physiologie des Nervensystems 197

1. Ueber den Einfluss der hinteren Nervenwurzeln des Rückenmarks auf die Erregbarkeit der vorderen (1. Abhandlung) 197
2. Zur Abwehr wider eine in Herrn Prof. Meissner's physiologischem Bericht enthaltene Bemerkung 202
3. Ueber den Einfluss der hinteren Wurzeln auf die Erregbarkeit der vorderen (2. Abhandlung) 204
4. Ueber den Tonus der willkürlichen Muskeln 205
5. Ueber den Einfluss der hinteren Wurzeln auf die Erregbarkeit der vorderen (3. Abhandlung) 216
6. Ueber die durch Reizung der Rückenmarkswurzeln erzeugte Muskelzuckung 217
7. Ueber die Erregbarkeit einiger Partien des Rückenmarks . . 219
8. Ueber eine paradoxe Thätigkeitsäusserung eines sensiblen Nerven 223
9. Ueber die Innervation der Gebärmutter 226
10. Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Rückenmarke. (Hierzu Tafel VI., Fig. 2, 3 und 4) 228
11. Zur Hemmungstheorie der reflectorischen Erregungen . . . 232
12. Ueber die Nerven des Peritoneum. (Hierzu Tafel IX.) . . . 238

V. Physiologie der Sinnesorgane 245

1. Die Brechungsquotienten des Glaskörpers und des Humor aqueus 245
2. Notiz über die physiologische Wirkungsweise des Telephons . 247
3. Ueber die Function der halbzirkelförmigen Canäle 250
4. Physiologische Beziehungen zwischen dem Gehörnerv und dem oculomotorischen Apparate 265
5. Die peripherischen Organe des Raumsinnes 268
6. Experimentelle Untersuchungen über die Functionen der halbzirkelförmigen Canäle und über die ihnen bei der Bildung des Raumbegriffs zukommende Rolle 269

Namen-Register 340

Erklärung der Tafeln 343

I. Physiologie des Kreislaufs; Innervation des Herzens und der Gefässe.

1. Ueber den Einfluss der Temperaturänderungen auf Zahl, Dauer und Stärke der Herzschläge.

(Bericht der Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften 1886.)

Die Folgen, welche die Wärmeänderung für die Reizbarkeit der Nerven und Muskeln nach sich zieht, sind schon wiederholt der Gegenstand eingehenderer Untersuchungen gewesen, namentlich haben sich Eckhard*), Rosenthal**), Harless***), Schelske†) u. Afanasieff††) Verdienste um vorliegenden Gegenstand erworben. Die Angaben der genannten Beobachter stimmen in vielen Punkten überein und ich glaube nicht fehl zu gehen, wenn ich das Resultat der bisherigen Studien in den Worten von Rosenthal†††) wiedergegeben finde, mit welchen er über die unter seiner Leitung entstandene Abhandlung von Afanasieff referirt.

„Erwärmung des Nerven steigert die Erregbarkeit, je frischer der Nerv ist, desto deutlicher ist diese Steigerung und desto länger hält sie an. Je höher die Temperatur steigt, desto kürzere Zeit hält die Steigerung an. Stets folgt auf sie ein starkes Sinken, welches um so stärker ist, je höher die Temperatur; zuweilen wird es von einer zweiten geringfügigen Steigerung unterbrochen. Bei Temperaturen von 50° C. und darüber ist die erste Steigerung oft gar nicht mehr zu constatiren. Erwärmung über 65° R. vernichtet die Erregbarkeit fast augenblicklich.

„Bei der plötzlichen Erwärmung von 35° auf 40° C. treten clonische Zuckungen, bei 40° bis 45° C. meist tetanische Zuckungen auf; sie können bis zu 1 Minute Dauer haben. Bei höheren Temperaturen sind die Zuckungen nicht constant und dauern nur kurze Zeit. Allmählige Erwärmung bringt niemals Zuckungen hervor. — Abkühlung des erwärmten

*) Zeitschrift für rationelle Medicin 10. Bd. 1850.
**) Allgem. medicinische Centralzeitung 1859.
***) Zeitschrift für rationelle Medicin 8. Bd. 1859.
†) Ueber die Veränderungen der Erregbarkeit durch die Wärme. Heidelberg 1860.
††) Reichert's und du Bois' Archiv 1865.
†††) Centralblatt für medicin. Wissenschaft 1866.

Nerven auf die Zimmertemperatur kann zuweilen die gesunkene oder ganz verloren gegangene Erregbarkeit wieder herstellen. Bei 40° C. ist dies vollkommen möglich, nach höheren Temperaturen um so besser, je früher die Abkühlung eintritt. Bei Temperaturen von 50° bis 65° C. kommt es vor, dass der absolut unerregbar gewordene Nerv seine Erregbarkeit nach längerer Abkühlung wieder erlangt, wenngleich nur in geringem Grade. — Die Abkühlung des Nerven verlängert die Dauer der Erregbarkeit; bis zu 0° bewirkt die Abkühlung ein Herabsetzen der Erregbarkeit, welche dann sehr lange constant bleibt. — Geschieht die Abkühlung schnell, so tritt zunächst Erhöhung der Erregbarkeit ein, welche allmählig in Verminderung übergeht, um so schneller, je niedriger die Temperatur ist. Unter 0° bis - 4° C. fehlt die Erhöhung, die Erregbarkeit sinkt sofort auf ein Minimum, auf welchem sie sich sehr lange constant erhält und von welchem sie bei Erwärmung wieder ansteigen kann. Unter — 4° bis — 8° C. treten clonische Zuckungen auf, welche zwei Minuten dauern können. Die Erregbarkeit ist dann stark gesunken und erhält sich sehr lange constant. — Aus alle dem folgt, dass die Dauer der Erregbarkeit stets um so geringer wird, je höher die Temperatur, der Grad der Erregbarkeit dagegen um so grösser. Der natürliche Verlauf des Absterbens, das Ansteigen und nachherige Absinken wird durch Erwärmung abgekürzt, durch Erkältung verlängert".

Harless lenkt auch noch die Aufmerksamkeit darauf, dass sich die optischen und elektrischen Eigenschaften des Nerven gleichzeitig mit der Reizbarkeit ändern, und ebenso weist er nach, dass die Erwärmung in trockner Luft von andern Folgen begleitet ist, als die in feuchter. Ich darf wohl die der ersteren übergehen, da sie offenbar, wie auch Harless angiebt, von dem Wasserverlust des Nerven herrühren. — Schelske hat nicht allein die Temperatur des Nerven, sondern auch die des Muskels geändert und die vom Muskel erhaltenen Zuckungen auf das Myographion aufzeichnen lassen. Bei längerer Einwirkung einer Temperatur von 0° auf den Nerven wird die Zuckung niedriger und gedehnter; dasselbe geschieht, wenn der Nerv längere Zeit einer Temperatur von 36° C. ausgesetzt war. Bevor jedoch dieses eintritt, zeigt einige Minuten hindurch die Curve eine Steigerung ihrer Ordinaten.

Von dem Einfluss, welchen die Temperaturänderung auf das Herz ausübt, handeln Calliburcès*) und Schelske**). Ersterer stellt fest, dass das Herz innerhalb des Thieres und auch ausgeschnitten durch Erhöhung der Temperatur zu rascheren Schlägen veranlasst wird, auch spricht er beiläufig davon, dass sich das Herz in höherer Temperatur anders zusammenziehe, als in niederer.

Schelske erweiterte diese Erfahrungen durch eine grössere Zahl wichtiger Thatsachen. Die erste derselben besteht darin, dass die automatischen Bewegungen des Herzens durch Temperaturen unter 0° und solche, die zwischen 36° und 40° C. liegen, in einen Scheintod gerathen, aus welchem sie durch Zurückführung in die Normaltemperatur wieder erweckt werden können. Und da er ferner zeigt, dass ein von der

*) Claude Bernard. Système nerveux II. Bd. 392.
**) l. c. p. 17.

höheren Temperatur stillgestelltes Herz durch elektrische Reize in Zuckungen versetzt werden kann, so schliesst er folgerecht, dass das Herz darum ruht, weil die automatischen Erreger oder, wie er sagt, die Ganglien als Centralstellen der rhythmischen Bewegung gelähmt wurden. Wenn aber die Lähmung eingetreten, so müsste nach der gegenwärtig herrschenden Ansicht über die Hemmungswirkung des nervus vagus dieser Nerv in ein anderes Verhältniss zum Herzen kommen, da die in ihm auftretenden Erregungen nicht mehr mit denen der Ganglien interferiren könnten. In Folge dieser Betrachtung prüfte er den n. vagus und fand, dass eine Reizung desselben am erwärmten Herzen Zuckungen hervorrufe, während sie am normal temperirten Stillstand bedingt hatte. Beiläufig fügt er noch hinzu, dass ein mit Curare vergiftetes Herz durch Reizung des n. vagus wieder zur Bewegung veranlasst werden könne, wenn es (nahe vor seinem natürlichen Absterben) zur Ruhe gekommen sei.

An die Arbeit von Schelske schliesst sich die meine an. Aus mehrfachen Gründen ist es der Mühe werth, die Aenderungen, welche der Herzschlag mit der variablen Temperatur erleidet, noch genauer zu verfolgen, als es bisher geschehen. Zu dem Ende brachte ich, nach dem Rath des Herrn Prof. Ludwig, mit den Gefässen des ausgeschnittenen Froschherzens einen gläsernen Kreislauf in Verbindung, in welchem ein kleines Quecksilbermanometer eingeschaltet war und füllte, um die Bewegungen des Herzens auf das Manometer zu übertragen, die Höhlen des Herzens und der Glasröhre mit Serum von Kaninchenblut; Herz und Kreislauf wurden alsdann in einen Raum gesetzt, der mit Leichtigkeit auf den gewünschten Temperaturgrad gebracht und beliebig lange darauf erhalten werden konnte. Der Apparat, zu dessen genauerer Beschreibung ich übergehe, ist in Fig. 1, Taf. I, zum Theil im Durchschnitt, zum Theil perspectivisch, und zwar in natürlicher Grösse abgebildet.

Das Manometer *(a* bis *f)* ist zum Theil aus einem Glasröhrchen, zum Theil aus einem Platinröhrchen hergestellt; das letztere, welches eine T-Form besitzt, ist in den dem Herzen zugewendeten Manometerschenkel eingelackt, und auf das freie Ende *(d)* dieses Metallröhrchens ist eine enge Kautschukröhre aufgesetzt. Diese kleine Einrichtung dient dazu, um das sehr enge Manometerrohr, soweit es kein Quecksilber enthält, mit Serum füllen und dann auch wieder verschliessen zu können. Diese Absicht wird erreicht, wenn man eine kleine mit Serum gefüllte Glasspritze in den Kautschuk einschiebt; ist durch dieses das Manometer gefüllt, so wird mit einer kleinen Klemme der Kautschuk geschlossen. Um die übrigen nothwendigen Eigenschaften des Manometers nicht zu beeinträchtigen, darf natürlich das Quecksilber nicht bis in das Platinrohr hineinreichen; also ist dafür zu sorgen, dass das in der Fortsetzung des Platins nach unten gelegene Glasstück lang genug ist, um die Hälfte des zum Versuch nothwendigen Quecksilbers zu beherbergen.

Auf die Maasse des Manometers und seine Leistungsfähigkeit komme ich später zurück.

Den zweiten Theil des Apparates nenne ich das Verbindungsstück, weil er die Herzhöhlen einerseits mit dem Manometer und andererseits mit dem gläsernen Kreislauf in Communication bringt. Das Röhrenwerk, aus dem er sich zusammengesetzt, ist theils in die Seitenwände und

theils in den Boden des grösseren Metallcylinders (*ghik*) eingelöthet. Dieses Stück besteht zunächst aus zwei geraden Metallröhrchen, die parallel zu einander den Boden (*tm*) des Metallcylinders in einer Entfernung von etwa 12 Mm. durchbohren. Das eine derselben *oo* ist das kürzere, das andere *pp* ist nicht allein länger, sondern es gehen auch noch zwei Zweigröhren aus ihm hervor. Die untere dieser Abzweigungen *qrs* läuft schräg empor und durchsetzt bei *r* die Wand des Cylinders, so dass ihre freie Mündung ausserhalb desselben hervorragt. Durch diese Oeffnung kann ein feinstes Thermometer von Geissler eingeschoben werden, dass sein Quecksilbergefäss bis zu *q* hinabreicht. Etwas höher als die eben beschriebene Röhre läuft ein Röhrchen *lu* unter rechtem Winkel ab; dieses durchbohrt die Wand *gi* des Cylinders, auf seine freie Mündung *u* konnte mittelst Kautschuk das Manometerende *f* aufgestellt werden. An dem Ort, wo *pp* und *ul* zusammentreffen, ist ein T-förmiger durchbohrter Hahn eingeschaltet. Durch entsprechende Drehung dieses Letztern ist man im Stande, den untern Abschnitt der Röhre *pp* beliebig entweder mit dem obern Abschnitt der genannten Röhre, oder mit dem queren Stück *lu* in Verbindung zu setzen. — An das soeben beschriebene Verbindungsstück schliesst sich nach oben der gläserne Kreislauf an, der aus dem Glasbogen *vwz* besteht. Die freien Enden *v* und *z* desselben können mittelst Kautschukröhrchen durch die obere Lichtung (*hg*) des Cylinders auf die oberen Enden der Röhrchen *o* und *p* gesteckt werden.

An das untere Ende des Verbindungsstücks schliessen mittels Kautschukröhren zwei Canülen, welche, wie man sieht, aus der linken Aorta und der vena cava inferior hervorkommen. Die beiden Canülen sind so gebogen, dass sie ohne Zerrung des Herzens auf die unteren Enden von *o* und *p* gesteckt werden können. Ist das Herz auf diese Weise an das Verbindungsstück befestigt, so schiebt man über dasselbe den Cylinder *ABCD*. Die innere Höhle dieses Cylinders ist von doppelten Wänden umgeben, die durch einen Zwischenraum von einander getrennt sind. In diesen hinein münden die beiden Röhren *E* und *F*, so dass eine Flüssigkeit, welche durch *F* zwischen die beiden Wände des Cylinders eindringt, durch *E* wiederabfliessen kann. Die beiden Wände sind ausserdem an je zwei einander gegenüberliegenden Stellen ausgeschnitten, und in diese Fenster sind Glasscheiben mit Kautschuckbändern befestigt. Durch diese letzteren kann man das Herz beobachten, wenn es in den Cylinder *ABCD* eingeschlossen ist, oder man kann nach Entfernung eines Fensters durch die Oeffnung Reizungsdrähte zum Herzen führen. Der eben genannte Cylinder ist an seiner nach oben liegenden Mündung von einem breiten Metallrand umgeben, der an den Boden *tm* passt. Der Ring kann an diesem Boden durch ein paar Stifte *GG* befestigt werden. Ist auch dieses geschehen, so steckt man endlich die Metallfassung *HH* des Glascylinders *IKLM* auf *hg*, in welche sie wasserdicht einpasst; alsdann verbindet man die Röhre *N*, die aus der Hülse des Verbindungsstücks hervorgeht, durch einen Kautschukschlauch mit der Röhre *F*. Eine Flüssigkeit, welche durch die Mündung *LK* in den Apparat eingeht, wird also zunächst durch das Glasrohr *IKLM*, dann durch das Verbindungsstück und endlich zwischen der Doppel-

wand des Cylinders fliessen, in dessen innerm Hohlraum das Herz gelegen ist.

Um innerhalb des Apparates das Herz und seinen Inhalt auf die gewünschte Temperatur zu bringen, verfuhr ich auf verschiedene Weise, je nachdem ich beabsichtigte, tiefer oder höher als 0° zu gehen. Sollte die Abkühlung unter 0° sinken, so steckte ich ein besonders zu diesem Zweck mit einer Mischung von Eis und Kochsalz gefülltes Gefäss (*ABCD*) um das Herz und füllte in das Rohr *IKLM* Wasser, in welchem Eisstücke schwammen. Dem Hahn bei *I* wurde dann die Stellung gegeben, bei welcher der Kammerinhalt aus der Aorta durch den Glasbogen in die vena cava zum Vorhof zurückfliessen musste. Die Flüssigkeit, welche im Glasrohr circulirte, nahm in Folge ihres geringen Durchmessers sehr bald die Temperatur von 0° an, und da das Herz sich in einem Luftraum befand, dessen Temperatur von den eisigen Wänden, die es umschlossen, um mehrere Grade unter 0° erkältet wurde, so sank die Temperatur des Herzens alsbald wieder tiefer als 0°. Für die rasche Abkühlung ist es sehr förderlich, dass die Wandungen der Herzkammer beim Frosch so äusserst dünn sind und somit dem Durchgang der Wärme einen geringen Widerstand entgegensetzen.

Die Herbeiführung von Temperaturen über 0° lässt sich viel bequemer ausführen und zwar mit Hülfe eines Wasserstromes, der durch ein Glasrohr in das Gefäss *IKLM* eingeleitet wird und der dann, indem das genannte Gefäss immer gefüllt bleibt, durch das Verbindungsstück nach *GNFD*, von da in den Zwischenraum des doppelwandigen Gefässes *ABCD* und von hier durch das Rohr *E* abfliesst. Auf das Ausflussrohr *E* ist mittelst Kautschuk ein Glasrohr gebracht, dessen unteres Ende vermöge eines angesteckten Kautschukrohres und einer um dieses gelegten Klemme beliebig verengt werden kann. Durch gleichzeitige Regulirung des Zu- und Abflusses gelingt es den Stand des Wassers innerhalb des Apparates während der Versuchsdauer nahezu gleich zu erhalten. Will man dem Wasser, das man durch den Apparat leitet, eine ganz bestimmte, bis auf den Grad genaue Temperatur geben, dann ist es nothwendig, dasselbe vorher aus dem Gefäss in den Apparat einfliessen zu lassen. Will man also der Reihe nach eine Anzahl von verschiedenen Wärmegraden auf das Herz wirken lassen, so ist man gezwungen, zugleich mehrere der grössten Zuflussgefässe bereit zu halten. Diese Art von Vorbereitung zur Herbeiführung der gewünschten Temperatur habe ich aus mehrfachen Gründen nur selten angewendet. Statt dessen stellte ich gewöhnlich auf zwei Ständer, und zwar in einer Höhe von einigen Fussen über dem Apparat zwei grössere Wassergefässe auf, von denen das eine mit eiskaltem, das andere mit kochendem Wasser gefüllt war. Beide Gefässe waren mit Abflussröhren und je einem Hahn versehen und sie mündeten Beide in ein Gabelrohr, dessen dritte Oeffnung mit der Glasröhre in Verbindung stand, die in den obren Theil des Apparates eintauchte. Man sieht, dass auf diese Weise die verschieden erwärmten Flüssigkeiten zu einer solchen von mittlerer Temperatur gemischt werden konnten, und dass nach dem Verhältniss des Zuflusses von beiden Seiten die resultirende Temperatur beliebig höher oder niedriger gemacht werden konnte. Bei dieser Art zu mischen ist es noth-

wendig, durch ein Thermometer, welches man in das obere Glasgefäss (*IKLM*) einsteckt, die Temperatur in dem Letzteren zu controliren.

Wenn das Thermometer, welches bei *q* in dem Serum steckt, auf dem gewünschten Temperaturgrad angelangt ist, so dreht man mittelst eines Stäbchens den Hahn so um, dass die Herzhöhle mit dem Manometer communicirt, worauf das Aufschreiben der Curven beginnen kann. Bei der Einrichtung, welche der Zeichnung entsprechend mein Apparat besass, musste der Zeitraum, innerhalb dessen das Aufschreiben der Curven stattfand, öfter kürzer ausfallen, als ich gewünscht hätte. Dieses gilt namentlich für alle Beobachtungen, bei welchen die Temperatur des Herzinhaltes höher steht, als die der äussern Luft. So wie dies der Fall, wird sich der kühlere Inhalt des horizontalen Manometerschenkels in das Herz hinabsenken und dessen Temperatur erniedrigen. Selbstverständlich wird diesem Uebelstand durch eine kleine Abänderung des Apparates leicht abzuhelfen sein.

Statt des bis dahin beschriebenen complicirtern Erwärmungsapparates kann man auch einen viel einfachern anwenden. Sehr häufig habe ich die vena cava zugebunden, und nur in die Aorta ein gerades Röhrchen von mehreren Centim. Länge eingesetzt und dieses vermittelst eines Knices an das Manometer gebracht. Um das Herz hing ich alsdann ein cylindrisches unten geschlossenes Metallcylinderchen, welches gerade weit genug war, um das Herz nirgends zu berühren. Die obere Oeffnung bedeckte ich mit einem Stück Pappe, das zum Behuf des Röhrendurchgangs mit einem Ausschnitt versehen war. Dadurch, dass ich den Metallcylinder in Eis oder in Wasser verschiedener Temperatur eintauchte, war ich im Stande auch das Herz beliebig zu erwärmen. Zu sehr raschen Temperaturänderungen eignet sich diese Einrichtung allerdings weniger. Sie hat auch den Nachtheil, dass man mit geringern Mengen von Serum arbeiten muss; in Folge dessen wird es nöthig, den Herzinhalt öfter zu wechseln.

Die Art und Weise, wie das Serum in das Herz unter Vermeidung von Luftblasen einzubringen ist, wird keiner weitern Beschreibung bedürfen. Mit einer Spritze kann dieses auf verschiedene Weise geschehen. Ueber das Manometer, den Gebrauch des Serums und die Behandlung des Herzens muss ich dagegen noch Einiges mittheilen.

Manometer. Das Rohr desselben hat einen Durchmesser von 2,1 Mm. Bleibt man bei diesem Durchmesser stehen, wozu ich in Ermangelung eines gleichmässig weiten und noch engern gezwungen war, so muss man zu seiner Füllung mindestens 3 grm. Quecksilber anwenden. Ueber diese Zahl bin ich nie gekommen. Zu ihrer Verwendung ist man der Excursionen des Herzschlags wegen gezwungen, denn diese nehmen bei einem grossen und kräftigen Herzen über 30 Mm. von der Länge meines Rohres ein, und erzeugen demnach einen Druck von über 60 Mm. Der aufgesetzte Schwimmer wog 0,9 grm.; seine Führung an der Trommel wurde bewirkt durch einen Coconfaden, der durch ein starkes Schrot gestreckt senkrecht vor dem parallel gestellten Manometerrohr und der Trommel herabhängt. Diese Führung, deren sich Prof. Ludwig seit mehreren Jahren bedient, erzeugt ein so geringe Reibung, dass der

Schwimmer trotz seines geringen Gewichts beim Absteigen niemals hinter der Quecksilberoberfläche zurückbleibt. Um über die Leistungen des Manometers ins Klare zu kommen, stellte ich folgende Versuche an.

Zuerst bestimmte ich den Gang der Eigenschwingung. Die Reibung, welche in einem so engen Rohr stattfindet, ist begreiflich eine sehr beträchtliche. Dies drückte sich bei der Prüfung der Eigenschwingungen sogleich dadurch aus, dass das in Bewegung gesetzte Quecksilber nach zwei ganzen Schwingungen wieder zur Ruhe kommt, selbst wenn das Manometerrohr beiderseits vom Quecksilber nur Luft enthält. Bei der ebengenannten Füllung des Manometers lief eine ganze Schwingung in 0,19 bis 0,20 Sekunden ab.

Nächstdem bestimmte ich die Zeit, welche das Quecksilber zur Ausgleichung eines Niveauunterschieds in beiden Röhrenschenkeln dann bedarf, wenn es diese, ohne dass eine Eigenschwingung eintritt, ausführt. Um das Quecksilber zu diesem Bewegungsmodus zu veranlassen, verfährt man folgendermassen: Nachdem das Quecksilber eingebracht war, füllte man das Stück desselben, welches nach dem Herzen hinsieht, mit Wasser; vor das freie Ende des wasserhaltigen Schenkels steckt man alsdann ein enges Kautschukrohr und legt um dieses eine Schraubenklemme, die auf einer festen Unterlage ruht. Mit Hilfe der Klemme ist man in den Stand gesetzt, die Lichtung des Kautschuks beliebig und sehr fein abgestuft verengern zu können. Die freie Mündung des Kautschuks wird dann durch ein angesetztes kurzes Glasröhrchen in eine Schale unter Wasser getaucht. Nachdem der Apparat in dieser Weise hergerichtet ist, bringt man vom freien Ende des T-förmigen Stücks her einen Niveauunterschied des Quecksilbers in den beiden Schenkeln hervor, während man die Oeffnung des unter Wasser tauchenden Glasröhrchens mit dem Finger gut schliesst; indess wird auch die Klemme so weit geöffnet, dass nur ein capillarer Spalt im Kautschukrohr übrig bleibt. Hierauf entfernt man, nachdem die Feder der Manometers an der Trommel angelegt wurde, ganz plötzlich den Finger von der Mündung des Glasröhrchens, so dass die Ausgleichung des Spiegelunterschiedes beider Quecksilberkuppen erfolgen kann. Je nachdem die Klemme eingestellt war, vollführt nun das herabfallende Quecksilber entweder noch eine Eigenschwingung, oder es gleicht sich der Niveauunterschied ohne eine solche aus. Durch sorgfältiges Reguliren der Klemme kann man es nun alsbald dahin bringen, dass das Quecksilber mit einer Geschwindigkeit herabfällt, bei welcher keine Eigenschwingung mehr zu Stande kam, die aber, wäre sie um mehrere Hunderttheile einer Sekunde vermehrt worden, noch zu einer Eigenschwingung geführt haben würde. Die Höhe, von welcher man das Quecksilber herabfallen lässt, mit anderen Worten, die Grösse des Niveauunterschiedes ist den vorliegenden Erfahrungen entsprechend von geringem Einfluss auf den genannten Zeitwerth. Um aber allen Einwendungen auszuweichen, habe ich den vorstehenden Versuch bei einem Spiegelunterschied ausgeführt, der nie weniger als 30 Mm. betrug. Die Zeit, welche zur Herstellung der Gleichgewichtslage ohne Eigenschwingung nothwendig war, betrug 0,34 Sekunden.

Die Bedeutung, welche der eben ausgeführten Bestimmung zukommt, ist einleuchtend. Wenn das Quecksilber, während es mit dem Herzen

in Verbindung steht, aus seiner Gleichgewichtslage oder in dieselbe langsamer aufsteigt oder absinkt, als 0,34 Sekunden, so müssen ausserhalb des Manometers die Triebkräfte oder Widerstände so beschaffen gewesen sein, dass von ihnen die geringere Geschwindigkeit der Spiegeländerung abhängt. Wäre in der That eine plötzliche Aenderung der Druckkräfte eingetreten, so hätte das Quecksilber weniger als 0,34 Sekunden verbrauchen müssen, um von der höchsten zur niedrigsten Stellung oder umgekehrt überzugehen. So wie aber solche Anordnungen der Kräfte vorhanden sind, die eine grössere Ausgleichungszeit verlangen, so ist auch das Quecksilber am Ende jener Zeit auf dem Stande angelangt, der dem im Herzen vorhandenen Druck entspricht. Aus dieser Auseinandersetzung darf, wie ich glaube, gefolgert werden, dass das Manometer, welches ich anwendete, die Maxima und Minima der vom Herzen gelieferten Drücke richtig angiebt, so lange die Zahl der Schläge 80 in der Minute nicht übersteigt, wobei noch vorausgesetzt wird, dass sich der Auf- und Niedergang einer Schlagcurve gleichmässig in die ganze Zeit theilt.

Zum weiteren Beweise, dass bei der eben angegebenen Schlagzahl das Absinken und Aufsteigen des Quecksilbers mit Widerständen geschah, die vom Herzen ausgingen, kann ich noch die Thatsache vorführen, dass die auf die Trommel gezeichneten Drucklinien in diesen Fällen niemals Erhebungen und Senkungen in dem Abstande zeigten, wie sie der Periode der Eigenschwingung nach hätten sichtbar sein müssen, und doch hätten in diesem Fall auf ein Ab- und Aufsteigen mehrere solcher Eigenschwingungen eintreten müssen.

Aus dem Fehlen der Eigenschwingungen in dem absteigenden Curvenschenkel lässt sich schliessen, dass die diastolische Erweiterung des Herzens nicht plötzlich geschieht, und dass die Widerstände, welche die in das Herz zurücktretende Flüssigkeit zu überwinden hat, viel grösser sind als diejenigen, welche ihr in den Röhren des Manometers selbst entgegenstehen. Dieses gilt auch noch für das todte Herz, das man mit einer concentrirten Kochsalzlösung, die bekanntlich die Muskelstarre aufhebt, angefüllt hat. Um mich von dem Verhalten desselben zu überzeugen, unterband ich seine Venen und eine der Aorten, setzte in die andere eine Canüle und füllte dann mit Ausschluss von Luft das Herz und das Manometer bis zum Quecksilber mit Kochsalzlösung. Nachdem ich hierauf Herz und Manometer verbunden, erhöhte ich den Druck in diesem System um einige Millimeter über den Nulldruck, legte nun das Herz auf eine feste Unterlage, drückte plötzlich mit dem Finger auf dasselbe und entfernte darauf ebenso plötzlich denselben. Auf diese Weise erzeugte ich Schwankungen von 60—70 Mm. Niveauunterschied des Quecksilbers. Die Zeit, innerhalb welcher der zeichnende Stift wieder auf das ursprüngliche Rohr herabsank, schwankte in den verschiedenen Fällen zwischen 1,3 und 1,6 Sekunden. Die Zeit, welche die Ausgleichung der Niveaudifferenz im Manometer ohne das vorgelegte Herz bedurfte, ist also 7—8mal kürzer, eine Thatsache, die den obigen Ausspruch über das Verhältniss zwischen den Widerständen des Manometers und des Herzens vollkommen bekräftigt.

Nicht anders verhält es sich, wie wir sehen werden, mit dem aufsteigenden Schenkel einer Curve, welche durch einen Herzschlag veran-

lasst ist. Auch er steigt gewöhnlich viel langsamer auf, als es der Fall sein müsste, wenn das Herz das Maximum seines Drucks plötzlich annähme. Geschähe aber auch das Aufsteigen rascher, so würde man doch kein merkliches Uebersteigen des Quecksilbers über den wahren Druckwerth im Herzen zu fürchten haben. Denn die Trägheit des Quecksilbers wird an der Steifheit der contrahirten Herzwand einen ausreichenden Widerstand finden.

Aus alledem darf man wohl schliessen, dass die Curve, welche das Manometer zeichnet, sehr annähernd auch der Zeit nach congruent ist mit dem Gang der Drücke im Herzen.

Uebersteigt dagegen die Schlagzahl des Herzens 80 in der Minute, oder liegen zwischen den seltnern Schlägen längere Pausen, so dass auf die Quecksilberbewegung weniger als $\frac{1}{80}$ Sekunde kommt, so giebt der vom Manometer angezeigte Druck nicht mehr denjenigen richtig an, welcher im Herzen stattfand. War die Zahl der Herzschläge über diesen genannten Werth gestiegen, so wird der vom Manometer verzeichnete Minimaldruck höher als der im Herzen vorhandene sein, und umgekehrt verhält es sich mit dem Maximaldruck. Sind aber die einzelnen Acte der Herzbewegung rascher als in 0,34 Sekunden vollendet, so muss es zu Eigenschwingungen kommen. In der That habe ich diese mehrmals am Ende der Diastolen wenn auch schwach, aber doch deutlich beobachtet. Den ausgeprägtesten Fall giebt einer der dieser Abhandlung eingedruckten Holzschnitte wieder.

Um einen Ausgangspunkt für die Ausmessung der Drücke zu gewinnen verfuhr ich in der Art, dass ich vor der Verbindung des Manometers mit dem Herzen zuerst den Nullpunkt des Quecksilberstandes ausmittelte, wobei ich natürlich die Stellung berücksichtigte, welche das Herz nach seiner Verbindung mit dem Manometer einnahm. Zu dem letztern Ende brachte ich an dem horizontalen Manometerschenkel ein absteigendes Röhrchen an, welches möglichst genau bis zu der Tiefe hinunterstieg, in welcher sich später die Spitze des Herzens befand. Nachdem die Linie des Nullpunktes auf die Trommel gezogen war, verband ich das Herz mit dem Manometer und füllte vom hervorstehenden Arm des Platinrohrs aus noch etwas Serum in das Herz. Diese Ueberfüllung, welche ich später noch rechtfertigen werde, bedingte eine elastische Spannung des Herzens, die in der Regel zwischen 5—12 Mm. Quecksilber schwankt.

Serum. Um den Druck auf das Manometer zu übertragen, den das ausgeschnittene Herz bei seiner Zusammenziehung entwickelt, muss dasselbe mit einer Flüssigkeit gefüllt werden. Selbstverständlich eignet sich zu diesem Ende nur eine solche, welche die Lebenseigenschaften des Herzens möglichst lange unversehrt erhält, also zunächst defibrinirtes Froschblut, da dieses voraussichtlich die Zusammensetzung der Muskel- und Nervenmasse nicht alterirt, und da es auch die durch die Bewegung entstandenen Verluste zu ersetzen und die Wirkungen der Zersetzungsproducte unschädlich zu machen vermag. Trotz alledem habe ich alsbald auf seine Hilfe verzichtet. Kleine Mengen desselben genügen nicht für einen stundenlangen Versuch, weil es innerhalb des schlagenden Herzens

alsbald seine erfrischenden Eigenschaften verliert. Grössere Mengen sind aber schwierig zu gewinnen.

Da das ausgeschnittene blutleere Herz des Frosches bekanntlich noch lange schlägt, so scheint es fast, als ob es genüge, statt einer ernährenden eine indifferente Flüssigkeit anzuwenden, z. B. eine verdünnte Kochsalzlösung. Obwohl sie in einzelnen Fällen sich brauchbar erwies, so starben doch auch viele Herzen rascher, als es sonst gewöhnlich ist, in ihr ab. Nachdem sich Serum von Hundeblut fast als giftig erwiesen hatte, bin ich bei Serum aus Kaninchenblut stehen geblieben. Aus einem tödtlichen Aderlass eines Kaninchens kann man die für zwei, drei und mehr Versuche genügende Serummenge gewinnen; zudem bleibt das Serum über mehrere Tage hinaus brauchbar, besonders wenn es in Eis gehalten wird.

Welche Rolle das Serum dem Herzen gegenüber spielt bedürfte einer eigenen Untersuchung. Keinesfalls ist es indifferent, ebenso wenig aber auch vermögend, unter allen Umständen einem matten Herzen zu einem kräftigen Schlage zu verhelfen. Wenn dagegen das ausgeschnittene Herz ursprünglich kräftig schlägt, so kann das Serum einer Ermüdung desselben lange Zeit hindurch vorbeugen. Diese Wirkung des Serums habe ich oft beobachtet. Ein Herz, dass nach der Füllung mit Serum kräftige Schläge ausführt, büsst jedesmal nach einiger Zeit an seiner Schlagkraft ein: es kann aber diese letztere wieder auf ihr früheres Mass hergestellt werden, wenn der Inhalt des Herzens entleert und statt des alten, neues Serum eingefüllt wird.

Da demgemäss eine kleine Menge von Serum auch nur während kurzer Zeit die Lebenseigenschaften des Herzens erhalten kann, so wird es, vorausgesetzt, dass dieses die übrigen Versuchsbedingungen gestatten, immer zweckmässig sein, möglichst grosse Mengen von Serum in das Röhrenwerk zu bringen, welches mit dem ausgeschnittenen Herzen communicirt und dabei zugleich einen Strom in der Flüssigkeit einzuleiten, durch welchen der Herzinhalt fortwährend mit dem übrigen Serum gemischt wird. Dieses wird sicher erreicht, wenn man das Serum in einem Kreis herumführt, der von der a. aorta zur ven. cava inf. und von da wieder zum Ventrikel geht; dieses habe ich in den meisten und namentlich in allen der Zeit nach spätern meiner Versuche gethan.

Ausser den erhaltenden hat das Serum auch sogenannte reizende Eigenschaften. Jedesmal, wenn in einem Herzen das verbrauchte durch neues Serum ersetzt wird, schlägt das Herz eine halbe bis einige Minuten hindurch sehr kräftig; nach Verfluss dieses Zeitraums der Aufregung pflegt ein zweiter zu folgen, der öfter eine bis zwei Stunden dauert. In diesem bleibt sich, insofern die übrigen Bedingungen unverändert sind, der Herzschlag nach Zahl und Umfang annähernd gleich, allmählig aber werden dann die Excursionen niedriger und ziehen sich mehr in die Länge. Tritt dies ein, so muss das alte durch frisches Serum ersetzt werden.

Die Behandlung des Herzens. Entweder wurde nur in einen Zweig der Aorta oder in die untere Hohlvene ein Manometer eingesetzt. Will man die Wirkung des Ventrikels allein beobachten, so ist es nothwendig, die Canüle durch den bulbus aortae hindurch bis zu der Ventrikelmündung zu schieben; ohnedies sieht man in der gezeichneten Curve auch noch die Folgen von der Zusammenziehung der Aor-

tazwiebel ausgeprägt. Für die Beobachtung der Leistungen, welche der Ventrikel hervorzubringen vermag, ist es ganz gleichgültig, ob man eine Canüle mit einem Zuflussrohr auch noch in die Vene eingebunden hat oder nicht. Während der Zusammenziehung der Herzkammern schliesst sich ihre Vorhofsmündung vollkommen ab, eine Thatsache, die man leicht dadurch feststellen kann, dass man das Herz mit zwei Manometern in Verbindung setzt, von denen der eine durch die Aorta mit der Kammer, der andere durch die untere Hohlvene mit dem Vorhof in Verbindung steht. Man sieht alsdann, dass während der Kammerbewegung das Vorhofsmanometer vollständig unbewegt bleibt, woraus unmittelbar der Schluss folgt, dass kein Theil des Herzinhaltes zu jener Zeit in den Vorhof zurücktritt.

Die Anfüllung des Herzens mit dem Blutserum muss so weit getrieben werden, dass auch in der Diastole die Wandungen unter dem Druck von einigen Millimetern Quecksilber ruhen. Denn nur dadurch wird man es erreichen können, dass das Herz auch während seiner grösstmöglichen Zusammenziehung noch einige Tropfen von Flüssigkeit enthält. Diese Vorsichtsmassregel schien mir nothwendig, weil sonst der ganze Druck, den das Herz zu entwickeln vermag, nicht unter allen Umständen auf das Manometer übertragen werden kann.

Wenn das Serum, sei es durch Aufnahme von Zersetzungsproducten oder durch den Verlust einiger Bestandtheile, sein Vermögen eingebüsst hat, die Reizbarkeit von Nerv und Muskel zu erhalten, so muss man das Herz und den Apparat mit frischem Serum speisen. In sofern man nun das Herz nach der neuen Füllung zu Beobachtungen benutzen will, die mit denen der früheren vergleichbar sein sollen, muss dasselbe möglichst genau wieder auf dieselbe Ausdehnung in der Ruhe gebracht werden. Dieses kann nun auch mit Hilfe des Manometers geschehen, denn man hat ja nur nöthig, den Apparat so weit zu füllen, dass das Manometer in der Diastole einen ebenso grossen Spiegelunterschied seiner Schenkel darbietet wie früher.

Die Beobachtungen, deren Resultat ich mitzutheilen im Begriff bin, lassen eine grössere Zahl von Messungen zu, namentlich die des höchsten oder niedrigsten und des mittleren Werths des Drucks, welchen das Herz erzeugen, beziehungsweise ertragen kann, ferner die Zeiten der Pausen und diejenigen des Auf- und Abgangs zwischen dem Minimum und dem Maximum der Zusammenziehung. Die genannten Werthe sind veränderlich mit den natürlichen Besonderheiten des Herzens und denen des angewendeten Serums, ausserdem aber auch mit der Temperatur und anderen willkürlich veränderlichen Bedingungen. Um die Abhängigkeitsverhältnisse, welche zwischen diesen letztern und den zuerst genannten Werthen bestehen, aufzuklären, ist es nothwendig, sie der Reihe nach die eine als Function der anderen zusammenzustellen. Dieses Unternehmen führt zu einer grossen Zahl von Specialuntersuchungen, von denen ich nur diejenigen mittheile, welche zu Ergebnissen führten, die nicht allein constant, sondern auch, wie es scheint, wichtig für die Herzthätigkeit sind.

A. Allmählige Aenderung der Temperatur. Eine solche nehme ich an, wenn der Uebergang von irgend einem zu einem anderen in der Nähe gelegenen Temperaturgrad mehrere Minuten in Anspruch nimmt.

Auf dem Temperaturgrad, den man zu ertheilen wünschte, verweilte dann das Herz nur so lang, als nöthig war, um die gewünschte Beobachtung auszuführen. Auch hierzu waren in der Regel nur wenige Minuten nothwendig. Dem entsprechend geben meine Beobachtungen keinen Aufschluss über die Aenderungen, welche durch ein nach halben bis ganzen Stunden andauerndes Verweilen des Herzens in Temperaturen, die von der Norm abweichen, erzeugt werden.

1. Aenderung der Schlagzahl mit der Temperatur. Das Herz bewahrt seine Fähigkeit automatisch zu schlagen nur so lange, als es innerhalb gewisser Temperaturgrenzen verweilt. Es kommt zur Ruhe, wie dieses Schelske zuerst angegeben hat, wenn jene Grenzen nach unten oder oben überschritten worden sind. Die genaueren Gradzahlen, in welchen die automatische Schlagfähigkeit bewahrt wird, lassen sich jedoch allgemein nicht angeben. Einige Herzen hören bei 0°, andere bei — 4° C. auf; noch unbestimmter ist die obere Grenze, sie variirt zwischen 30 und 40° C. Durchläuft das Herz das Temperaturintervall, welches zwischen den Grenzen der Ruhe liegt, so geht die Schlagzahl durch ein Maximum hindurch. Die Art, wie es dieses Maximum erreicht und wieder von ihm absinkt, zeigt in allen Fällen, die ich beobachtete, eine unverkennbare Gesetzmässigkeit. Eine schematische Darstellung von dem Gang der Erscheinungen habe ich in der folgenden Curve zu geben versucht; die Abscisse derselben hat man sich nach Graden der thermometrischen Scala getheilt zu denken. Und zwar liegen die niedern Temperaturgrade nach links hin. — Die Ordinaten zählen die Herzschläge in der Zeiteinheit.

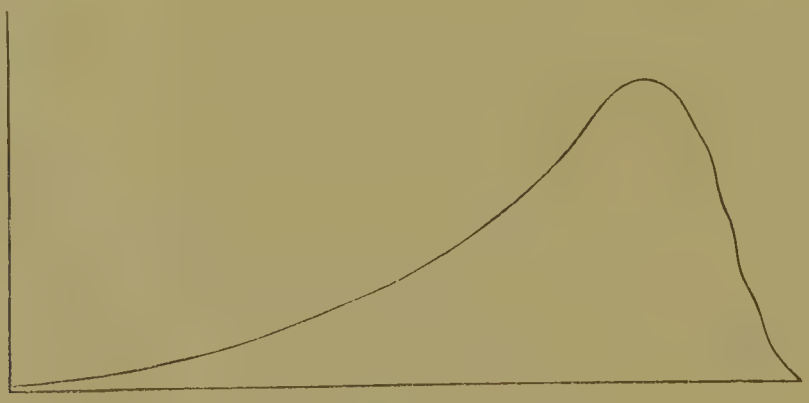


Fig. 1.

Diese Curve sagt aus, dass von der untern Grenztemperatur an die Schlagzahl erst sehr langsam, dann aber um so rascher für gleiche Temperaturintervalle wächst, je näher das Herz der Temperatur kommt, bei welcher die Schlagzahl ihr Maximum erreicht. Ist sie auf dem letzteren angelangt, so sinkt bei noch weiterm Steigen der Temperatur die Schlagzahl einige Grade hindurch erst allmählig, dann aber so rasch, dass das Herz, wenn es nur noch um wenige Grade weiter erwärmt wird, schon vollkommen still steht. In den zwei bis drei Graden, die dem Stillstand vorausgehen, schlägt das Herz aber nicht allein langsam, sondern auch unregelmässig, so dass kaum eine Herzpause der andern an Dauer gleich kommt. Um das Bild der Erscheinungen zu vervoll-

ständigen, ist in Worten noch hinzuzufügen, dass ganz unmittelbar vor dem Stillstand sich die gesammte Ventrikelfaserung nicht mehr auf einmal zusammenzieht, sondern dass die Bewegung peristaltisch abläuft.

Die soeben gegebene Darstellung der Beziehung zwischen der Aenderung von Temperatur und Schlagzahl war eine schematische. Dieser Ausdruck bereitet schon darauf vor, dass noch mancherlei Besonderheiten zum Vorschein kommen werden, sei es, dass man das schematische Bild mit den individuellen, oder dass man die letztern mit einander vergleicht.

Zuerst wollen wir bei dieser Specialbetrachtung die absoluten Zahlen der Schläge beachten, welche die Herzen auf ähnlichen Temperaturgraden darbieten. — In allen Fällen, die ich untersuchte, sind meist unter 15°, sicherlich aber unter 10° C. die Zahl der Schläge nicht mehr wesentlich verschieden. Dieses folgt gleich daraus, weil dann die Zahl der Schläge überhaupt auf einen sehr geringen Werth herabsinkt. Dem gemäss muss die Abweichung zwischen den verschiedenen Herzen auch eine geringe sein. Ich gebe einige Beispiele.

Bei einer Temperatur von		21	20	19	18	14	12	10	7	6	5	4	3	2	1
schlagen in 40 Secunden die Herzen	I	—	—	28	—	—	14	8	—	—	7	6	—	5	—
	II	17	—	—	—	—	—	—	5	—	—	3,5	—	2,7	—
	III	—	20	—	—	12,6	—	—	7,3	—	—	—	5,6	—	
	IV	—	—	—	18	—	—	—	—	7	—	6,4	—	—	
	V	—	—	17	—	—	—	—	3,4	—	2,2	—	—	—	0,3

Viel grössere Unterschiede treten hervor, wenn man die Zahlen von 18° aufwärts bis zur Temperatur des Maximums in verschiedenen Herzen vergleicht. Die Grenzfälle aus meinen Beobachtungen mögen hier Platz finden.

Bei einer Temperatur von		18	19	23	25	26	28	30	32	33	34	35
schlagen die Herzen in 40 Secunden	I	—	27	—	30	—	—	39	47	77	87	
	II	—	21	25	—	50	76	109	—	101	80	
	III	8,5	—	—	16	—	—	—	29	—	—	16,1

Nimmt man zunächst auf die Maximalzahl Rücksicht, welche die verschiedenen Herzen erreichen, so sieht man, dass Calliburcès nicht alle möglichen Fälle vor Augen gehabt, als er behauptete, dass man das Herz eines Kaltblüters zur Schlagzahl eines Warmblüters durch die Steigerung der Temperatur emportreiben könne.

Die Unterschiede, welche die Curve der Schlagzahlen über die veränderliche Temperatur rücksichtlich des absoluten Werthes ihrer Ordinaten darbietet, mindern sich aber sehr beträchtlich, wenn man aus den proportionalen Zahlen (statt aus den absoluten) die Curve bildet. Nimmt man beispielsweise die bei 18 und 19° vorhandene Schlagzahl als Einheit an, so ergiebt sich

Grade	18	19	23	25	26	28	30	32	33	34	35
Proportionale Schlagzahlen.	—	1	—	1,1	—	—	1,4	1,7	2,9	3,2	—
	—	1	1,2	—	2,4	3,6	5,2	—	4,8	3,8	—
	1	—	--	1,8	—	--	—	3,4	--	--	1,9

In dem Temperaturintervall, welches zwischen dem Maximum der Schlagzahl und dem Herzstillstand liegt, zeigt die Frequenz des Pulsschlages jedesmal sehr grosse Unregelmässigkeiten. Denn niemals sinkt die Zahl der Schläge von Grad zu Grad stetig ab, sondern es folgen auf die geringere Zahl eines niedern Grades immer auch wieder einmal höhere Zahlen auf einem höhern Grad, so dass das Absinken der Schlagzahl sich erst dann, aber dann auch constant ergiebt, wenn man Temperaturunterschiede von mehreren Graden vergleicht.

Ausser der bis dahin beregten Verschiedenheit zeigen die einzelnen Herzen, wie man schon nach den mitgetheilten Beispielen bemerkt haben dürfte, rücksichtlich der Aenderung ihrer Schlagzahlen noch eine andere; sie besteht darin, dass das Maximum der Schlagzahlen nicht immer auf dieselbe Temperatur fällt. Das Aufsteigen zu demselben Wärmegrad bedingt für das eine Herz schon ein Sinken der Pulsfrequenz, während er die des andern noch zum Wachsen bringt; da, wie wir schon sahen, bei den verschiedenen Herzen auch der Stillstand in der Kälte und Wärme nicht auf demselben Temperaturgrad liegt, so könnte man nun den Schluss ziehen wollen, dass die Curve der Schlagzahlen bei den verschiedenen Herzen zwar im Allgemeinen dieselbe Gestalt behaupte, dass aber ihre Lage auf der Abscisse nicht im Voraus genau bestimmt werden könne, indem ihre Ordinaten bei dem einen Herzen sich früher über Null erhoben und auch auf Null herabsanken als bei einem andern.

Mancherlei Erfahrungen scheinen mir jedoch dafür zu sprechen, dass ein solcher Schluss voreilig ist. Als ich mir nämlich nach Anleitung meiner Beobachtungen die Curven der Schlagzahlen construirte, bemerkte ich mehrmals, dass die Grösse des proportionalen Zuwachses für dasselbe Temperaturintervall auch bei den Herzen nicht gleich war, bei welchen das Minimum der Schlagzahlen auf denselben Wärmegrad fiel. Dieses galt namentlich für den steilsten Theil der Curve, also für denjenigen ihrer Abschnitte, welcher den grössten Zuwachs an Schlägen für das gleiche Temperaturintervall aufweist. Dieser Ort des grössten Zuwachses scheint bei gleicher Lage des Curvengipfels über der Abscisse von dem letztern bald mehr und bald weniger weit abzustehen. Dieses würde aussagen, dass, wenn auch die beiden Temperaturgrade *a* und *d* auf zwei Herzen denselben Einfluss übten, dieses doch noch nicht in gleicher Weise geschähe von den Temperaturen *b* und *c*, welche zwischen den erstgenannten in der Mitte liegen. Trotzdem, dass dieses Verhalten unter meinen Beobachtungen öfter vorkommt, wage ich dennoch nicht, den eben ausgesprochenen Satz mit Sicherheit zu behaupten. Dazu sind meine Temperaturbestimmungen des oft raschen Wechsels wegen nicht immer genau genug, und zudem ist die Zahl der einzelnen Beobachtungen an demselben Herzen nicht gross genug, so dass die Temperaturen, an

welchen eine Aufzeichnung der Pulse stattfand, meist zu weit aus einander liegen, um aus ihnen den genauern Gang der Curve abzuleiten.

Durch eine noch sorgfältigere Regulirung der willkürlichen Variabeln, namentlich des Ansteigens der Temperatur, der Dauer ihrer Einwirkung auf gleichen Graden, des ursprünglichen Füllungsdruckes und der Zusammensetzung des Serums, wird, wie ich voraussehe, überhaupt noch manche Abweichung unter den einzelnen Beobachtungen wegzuschaffen sein; aber sicherlich werden auch dann noch die verschiedenen Herzen sich rücksichtlich ihrer Empfindlichkeit gegen die Wärme sehr verschieden verhalten. Dafür spricht der Umstand, dass ausnahmslos alle die Herzen, an welchen ich im Vorwinter Beobachtungen anstellte, schon in den mittlern, namentlich aber in den höhern Temperaturgraden viel rascher pulsirten, als diejenigen, welche mir im Januar oder Februar zu Gebote standen.

Es dürfte für künftige Untersuchungen eine lohnende Aufgabe sein zu erforschen, wodurch man im Stande ist, die individuellen Unterschiede der Empfänglichkeit für gleiche oder ähnliche Temperaturintervalle wegzuschaffen. Denn jedenfalls ist die Frage nach der Abhängigkeit der Pulsfrequenz von der Temperaturänderung von mehrfachem Interesse; von einem theoretischen, weil wir durch die hier vorliegende, so deutlich sichtbare Aeusserung Aufschluss über die innern Eigenschaften der automatischen Erreger erhalten können, dann aber auch von einem praktischen, weil wir durch die den meinigen ähnlichen Beobachtungen in den Stand gesetzt werden, mit Sicherheit zu entscheiden, in wie weit die Aerzte recht haben, welche behaupten, dass im Fieber die steigende Temperatur an der Beschleunigung des Pulses schuld sei. — In der That lassen meine Beobachtungen keinen Zweifel darüber, dass die Erhöhung der Temperatur und zwar gerade in den Grenzen, in welchen sie beim Fieber eintritt, sehr geeignet ist, die Pulsfrequenz um ein Beträchtliches zu steigern.

2. Aenderung des Umfangs der Zusammenziehung. Die Aenderung, welche der Hohlraum des Herzens durch die Zusammenziehung erfährt, kann ohne Weiteres an dem wechselnden Stand des Quecksilbers im Manometer abgelesen werden, da sich ja das Herz nur in diesen entleeren kann. Bei der verwickelten Gestalt der Muskelfasern kann natürlich aus der Volumenveränderung der Herzhöhle kein Schluss auf den genaueren Umfang der Contraction, welche die Herzfasern eingehen, gemacht werden, jedenfalls aber kann auf das Mehr oder Weniger der Verkürzung aus der Aenderung des Herzinhalts erschlossen werden, indem doch unzweifelhaft der bedeutenderen Verengerung der Höhle auch eine stärkere Verkürzung der Muskeln entspricht.

Der folgenden Betrachtung sind nur solche Beispiele zu Grunde gelegt, bei denen unzweifelhaft die im Herzen selbst stattfindenden Maximal- und Minimaldrücke durch die Trägheit des Quecksilbers nicht entstellt worden waren. Die Mittel, die zu einer richtigen Auswahl zu Gebote stehen, stützen sich, wie schon oben angegeben, theils auf die bekannten Eigenschaften des angewendeten Manometers und theils auf die Gestalt der aufgeschriebenen Curven. — Bei der Auswahl der Beobachtungen muss ausserdem darauf Rücksicht genommen werden, dass man nicht die Erfolge der Ermüdung mit denen der Temperaturänderung

zusammenwirft. Mit anderen Worten, man darf nur solche Beobachtungen vergleichen, bei denen das Serum seine erhaltenden Eigenschaften noch nicht eingebüsst hat. Nach meinen Erfahrungen übt das Serum einen mächtigern Einfluss auf die Excursion, als auf die Zahl der Pulse. Nach frischer Füllung wird die Excursion gross; bleibt dann das Serum längere Zeit im schlagenden Herzen, so sinkt die Excursion bedeutend ab, und sie nimmt nach neuer Füllung wieder zu. — Das sichere Kennzeichen, dass nur die Aenderung der Temperatur, nicht aber die des Serums die Excursion minderte, liegt darin, dass die Excursion, welche durch die Temperaturschwankung gemindert war, wieder auf ihren frühern Werth zurückkommt, wenn die ursprüngliche Temperatur wieder hergestellt wird. Beobachtungen, bei denen diese Vorsichtsmassregel angewendet wurde, besitze ich, aber leider nur in geringer Zahl.

Um die Beobachtungen an verschiedenen Herzen mit einander vergleichbar zu machen, habe ich mir auch hier die proportionalen Excursionen berechnet. Ich habe dabei wiederum in jedem einzelnen Beobachtungsobject den Umfang der Herzzusammenziehung, welcher bei 18 bis 20° C. stattfand, als die Einheit angesehen.

Aus den Beobachtungen, die ich diesem Verfahren unterworfen habe, leuchtet ein und dasselbe Gesetz hervor. Beschreibt man wiederum über die Abscisse der Temperaturen die Curve der Excursion, so zeigt diese ein Maximum und zwei Minima. Die letzteren liegen bei der oberen und unteren Grenztemperatur, also bei denjenigen, bei welchen das Herz zu schlagen aufhört. Von der unteren Grenztemperatur steigt die Curve rasch aufwärts, so dass sie schon wenige Grade über Null das Maximum

Fig. 2.

oder nahezu den Werth desselben erreicht; dann hält sie sich auf dieser Höhe nahezu gleichmässig bis gegen 15 oder 19° C., nur in seltenen Fällen pflegt sie schon früher etwa bei 10° C. abzusinken. Von 20° C. weiter aufwärts sinkt sie dann ununterbrochen bis zum Nullpunkt der höhern Temperatur auf die Abscisse herunter. Neben der Uebereinstimmung, welche die verschiedenen Beobachtungen darbieten, zeigen sich auch Abweichungen. Auf den Theil derselben, welche auf den aufsteigenden Curvenschenkel fallen, habe ich schon aufmerksam gemacht. Der absteigende Schenkel zeigt sich namentlich darin verschieden, dass entweder unmittelbar vom höchsten Punkt an ein sehr rasches Absinken statt-

findet, welches auf höhern Temperaturstufen sich in ein sehr allmähliges umsetzt; dieses Verhalten ist in dem Curvenschenkel der Fig. 2 dargestellt, welcher der Abscisse näher liegt. — In andern Fällen nimmt dagegen bis nahe zu 30° die Excursion nur sehr allmählig ab und sinkt erst jenseits des genannten Grades rascher der Abscisse zu, ebenso wie dieses durch den höhern Curvenschenkel der angezogenen Figur ausgedrückt ist.

Bevor ich auf die absoluten Werthe, welche den Excursionen zukommen, eingehe, muss ich noch eines besonderen Verhaltens gedenken, welches das Herz während der Temperaturgrade darbietet, die der oberen Grenzwärme unmittelbar vorangehen. Wenn das Herz auf dem genannten Wärmegrad angelangt ist, so sieht man dasselbe noch in lebhaften Contractionen begriffen, trotzdem aber treibt es keine Spur seines Inhalts in das Manometer hinein. Eine genauere Betrachtung der Herzcontractionen lässt alsbald erkennen, dass diese Erscheinung in einer peristaltischen Zusammenziehung des Muskelfleisches begründet sei, die von der Vorhofsgrenze gegen die Spitze fortschreitet. Bei einer solchen Art der Zusammenziehung kann natürlich der Herzinhalt keinen äussern Druck überwinden, da die nicht zusammengezogenen Theile der Herzwand sich um so viel ausdehnen werden, als sich die zusammengezogenen verengen. Abgesehen von anderen scheint mir diese Beobachtung darum besonders bemerkenswerth, weil sie darthut, dass der Druck, welchen die zusammengezogenen Bündel des Ventrikels auf die nicht zusammengezogenen ausüben, keineswegs als ein Reiz für die letzteren aufgefasst werden darf.

Vergleicht man den absoluten Werth der Excursion in den verschiedenen Herzen bei demselben Temperaturgrad, so wird man finden, dass derselbe ausserordentlich verschieden ausfällt. Da sich diese Thatsache bei dem grossem Spielraum, welcher der Nerven- und Muskelreizbarkeit zukommt, von selbst versteht, so halte ich es für überflüssig, sie durch Zahlenbeispiele zu belegen.

3. Ueber das Verhältniss zwischen dem Umfang und der Zahl der Schläge. Aus dem Bisherigen ergiebt sich, dass unter Umständen mit der Temperatur die Zahl der Schläge wächst und der Umfang derselben abnimmt. Diese Thatsache fordert dazu auf, zu untersuchen, ob etwa ein bestimmtes Verhältniss zwischen der Länge der Pausen und der Stärke des Schlags aufgefunden werden könne. Bei dieser Untersuchung darf man natürlich nur die verschiedenen Stärken und Zahlen der Schläge eines und desselben Herzens mit einander vergleichen, weil, wie ich schon hervorgehoben habe, die genannten Dinge bei verschiedenen Herzen sehr ungleichwerthig ausfallen und noch mehr, weil die Aenderungen, welche die Stärken mit der steigenden Schlagzahl erfahren, sich in jedem einzelnen Fall verschieden gestalten.

Vergleicht man die Curve der proportionalen Schlagstärken und der proportionalen Schlagzahlen eines und desselben Herzens mit einander, so bemerkt man sogleich, dass von Null an bis zu einer gewissen Temperaturgrenze die Schlagzahl stetig anwächst, während der Umfang der Zusammenziehung sich unverändert erhält. In diesen Grenzen besteht also keine Abhängigkeit beider Grössen von einander. In dem

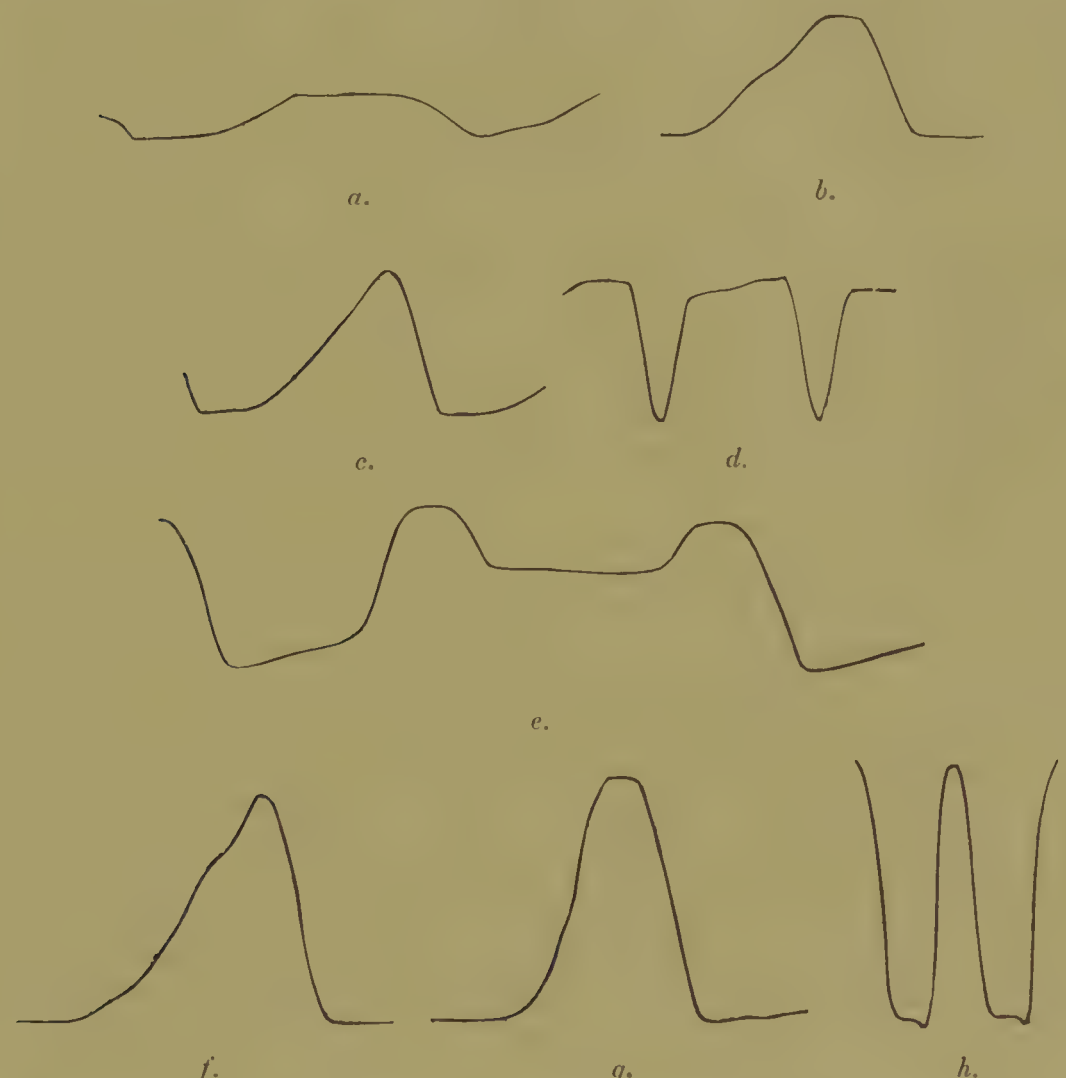
Temperaturintervall, welches auf das eben erwähnte folgt, wachsen die Schlagzahlen, und die Umfänge der Zusammenziehung nehmen ab und zwar solange, bis das Maximum der Pulszahlen erreicht wurde. Ist endlich die Temperatur überschritten, bei welcher das Herz das Maximum seiner Schlagzahlen erreicht hat, so sinkt von nun an die Schlagzahl gleichzeitig mit dem Umfang desselben so lange, bis beide Null werden. Diese Erfahrungen zeigen unzweideutig, dass das Verhältniss zwischen der Intensität der Schläge und der Länge der Pausen nicht aus einem einzigen Princip erklärt werden kann. Um den Anhängern der Meinung zu genügen, dass die Länge der Pausen im geraden Verhältniss zur Intensität der Schläge stehe, müsste man die Erscheinungen, welche sich bei den höheren und niederen Temperaturen zeigen, auf besondere Gründe zurückführen, beispielsweise auf folgende: Nähme man an, es könne der Umfang ein bestimmtes Maximum nicht überschreiten, wie langsam sich auch die Schläge einander folgen mögen, und setzte man voraus, dass dieses Maximum schon etwa bei 10 bis 15° C. erreicht wäre, so würde sich nun erklären, warum von da ab gegen Nullgrad trotz der Verminderung der Schlagzahl keine Steigerung der Zusammenziehung eintreten könnte. — Um aber zu erklären, weshalb jenseits des Maximums der Pulsfrequenz diese letztere gleichzeitig mit dem Umfang der Schläge sinke, könnte man die Erfahrung herbeiziehen, wonach das Verhältniss zwischen der Dauer und dem Umfang der Schläge bei jedem dem Versuch unterworfenen Herzen ein eigenthümliches, von allen anderen verschiedenes ist. Diese Thatsache deutet darauf hin, dass auch die jeweilige Anordnung der Kräfte, welche in den Herzmassen gegeben sind, das Verhältniss der Zahl zu den Intensitäten der Schläge geregelt werde. Wenn also an einem und demselben Herzen sich plötzlich das bisher bestandene Verhältniss zwischen den zuletzt genanten Grössen ändert, so würde man annehmen müssen, dass dieses auch mit der Anordnung der erregenden Herzkräfte geschehen sei.

Auf unseren Fall angewendet, würde demnach das nahezu auf die obere Grenztemperatur erwärmte Herz mit einer Anordnung der Kräfte begabt sein, die nicht mehr verglichen werden könnte mit derjenigen, welche das Herz in den tiefer stehenden Temperaturgraden besitzt. — Aber selbst wenn man nur die Erscheinungen in Betracht zieht, welche zwischen 10 bis 15° C. einerseits und derjenigen für die maximale Schlagzahl andererseits vorkommen, so finden sich auch hier häufig genug zahlreiche Unregelmässigkeiten. So begegnet man unter Anderm Doppelschlägen; die beiden Erhebungen, welche zu einem Doppelschlag gehören, sind gleich gross und folgen einander sehr rasch, während zwischen je zwei Doppelschlägen eine lange Pause liegt. In einem solchen Fall hat also die lange Pause, welche der ersten Erhebung des Doppelschlages vorausging, nicht mehr erzielt, als die kurze, welche vor der zweiten Erhebung liegt. In nicht minderem Widerspruch mit der obigen Hypothese steht die andere oft vorkommende Erscheinung, in welcher ein kräftiger Schlag mit einem schwachen regelmässig abwechselt, ohne dass dieses mit den Zeiten der Fall wäre, welche zur Vollendung der kleinen und grossen Schläge nothwendig sind, denn häufig vollendet sich der Schlag niederer Intensität in ganz oder nahe-

zu in derselben Zeit, in welcher der stärkere abläuft. Hiernach scheint es mir unzweifelhaft, dass trotz des allerdings öfteren Zusammentreffens von häufigen und kleinen oder seltenen und grossen Schlägen kein nothwendiger Zusammenhang besteht zwischen der Dauer der Pause und dem Umfang der Zusammenziehung. Ich komme später noch einmal auf diesen Gegenstand zurück.

4. Ueber den Verlauf der Herzcontraction. Die Gestalt der Curve, welche während des Ablaufes einer Herzcontraction vom Manometer aufgezeichnet wird, ist für verschiedene Herzen durchaus nicht immer dieselbe, selbst wenn die Temperatur gleich oder nahezu

Fig. 3*).



gleich war. Die vorliegenden Holzschnitte geben die hauptsächlichsten der Typen wieder, die sich mir bei mittlerer Temperatur dargeboten haben. Man erkennt in den Abbildungen folgende Combinationen:

*) Die Figuren sind in natürlicher Grösse; das Verhältniss zwischen Zeit und Längeneinheit der Abscisse ist an allen nahezu gleich; *b* und *c* sind von demselben Herzen zu verschiedener Zeit geliefert; dasselbe gilt von *d* und *e*, der tetanische, gebrochene Gipfel in *d* legt sich in *e* zu zwei deutlich gesonderten Erhebungen aus einander, die durch ein tetanisches Zwischenstück getrennt sind.

Rasches Aufsteigen und fast momentanes Absinken, so dass die Eigenschwingung des Quecksilbers erscheint; rasches Aufsteigen und Absinken mit tetanisch gehaltenem Gipfel; rasches Aufsteigen mit plötzlichem Uebergang in die Diastole, die sich allmählig vollendet; langsames Aufsteigen, allmähliger Uebergang in die Diastole und langsam vollendetes Absinken.

Ob die Ursache der Verschiedenartigkeiten in Eigenthümlichkeiten der reizenden Apparate oder in denen der Nerven und Muskeln gelegen ist, würde sogleich entschieden sein, wenn sich nachweisen liesse, dass die Herzbewegung das Analogon einer Zuckung wäre, mit anderen Worten, dass ein einziger momentaner Reiz den Ablauf der Herzcontraction veranlasste. In diesen Fall würde offenbar die Art des Ablaufs nur von den Zuständen der Nerven und Muskeln bedingt sein. Die Gründe, welche sich für die Auffassung der Herzcontraction als Zuckung beibringen lassen, erscheinen mir allerdings nicht unerheblich, namentlich gilt dies für alle diejenigen Herzschläge, welche ich die regelmässigen nennen möchte, für die nämlich, bei welchen die Curve der Herzcontraction dieselbe Form besitzt, welche auch der Zuckung eines Skeletmuskels zukommt. Zwischen beiden besteht nur der schon von Marey hervorgehobene Unterschied, dass die Zuckung der gewöhnlichen quergestreiften Muskeln in sehr viel kürzerer Zeit vorübergeht, als die des Herzmuskels. Dieser Unterschied bietet aber der Zurückführung beider Bewegungen auf dieselbe Art des Reizes darum keine unüberwindliche Schwierigkeit, weil bekanntlich die Herzmuskeln einen specifischen Bau besitzen.

Gründe, welche für die Auffassung des Herzschlags als Zuckung sprechen, giebt es mehrere. — Der erste derselben ist aus der Erregung abgeleitet, welche, wie Czermak zeigte, das schlagende Herz in dem Nerv des aufgelegten Froschschenkels inducirt. Aus einer genauern Beobachtung des zeitlichen Verlaufs dieser inducirten Bewegung erfuhr Marey*) dass sie eine einfache Zuckung sei. Wäre, so schliesst der genannte Gelehrte, die Herzcontraction ein Tetanus, so müsste auch die inducirte Bewegung einen tetanisch Character besitzen, da ausnahmslos die Art der primären und der secundären Muskelcontraction einander entsprächen. — Noch überzeugender als der eben hingestellte scheint ein anderer Versuch für die Richtigkeit der discutirten Hypothese zu sprechen. Wenn nämlich durch einen momentanen elektrischen Schlag das Herz gereizt wird, welches durch erhöhte Temperatur zum Stillstand gebracht wurde, so führt dieses eine Bewegung aus, welche sich gerade so verhält, wie diejenigen, die durch den normalen innern Reiz hervorgebracht werden, also kann ein momentaner Reiz einen Herzschlag hervorrufen. Eine dauernde Reizung des Herzens, das in der Wärme still steht, ruft dagegen einen Tetanus hervor, also kann ein normaler Herzschlag nicht von einer tetanischen Reizung bedingt sein. — Für die Abhängigkeit des Ablaufs der Zuckung von den Eigenschaften des Muskels und nicht des Reizes spricht die häufig vorhandene Erscheinung, dass das Herz aus der Verkürzung in die Erschlaffung nach demselben Modus

*) Journal de l'anatomie et de la physiologie 1866. 408.

übergeht, nach welchem es in die Verkürzung aufgestiegen war. Dieses Verhalten ist namentlich sehr auffällig ausgeprägt, wenn die Contractionscurve zum Ansteigen auf ihr Maximum eine lange Zeit verbraucht. Da man schwerlich geneigt sein wird, auch noch während der Erschlaffung die Anwesenheit von Reizen anzunehmen, so wird man den Grund für den langsamen Ablauf des auf- und absteigenden Schenkels vor Allem in der Schwerbeweglichkeit der Muskelmassen suchen dürfen. — Die letztere Anschauung gewinnt um so mehr an Wahrscheinlichkeit, weil sich die Ablaufszeiten einer ganzen Herzbewegung unter denselben Umständen verkürzen und verlängern, unter denen dieses auch im Nervmuskelpräparat geschieht, welches dem Froschschenkel entnommen ist.

Man darf jedoch nicht verkennen, dass sich am Herzen Bedingungen und Erscheinungen finden, welche mit der eben entwickelten Vorstellung schwieriger in Uebereinstimmung zu bringen sind. So ist unter Andern die Herzcontraction ein Vorgang, an den sich viele einzelne Ganglien, Nervenfäden und zahlreiche langgestreckte Muskelröhren betheiligen, welche, wie das schon angeführte Beispiel der peristaltischen Herzcontraction zeigt, nicht nothwendig auf einmal in Erregung gerathen müssen. — Wenn durch die Schwierigkeit, eine so grosse Zahl getrennter Stücke absolut gleichzeitig zu erregen, schon ein Bedenken gegen die Deutung der Herzcontraction als Zuckung liegt, so bieten, wie es mir scheint, eine noch grössere die Fälle, bei welchen das Herz, nachdem es auf das Maximum der Zusammenziehung gelangte, einige Zeit in Tetanus verharrte; ein solcher abgestutzter Gipfel, wie ihn Fig. 3*d* darbietet, erweckt dem Beschauer wohl sogleich die Vorstellung, als ob hier ein tetanischer Reiz auf das Herz gewirkt habe. Freilich ist es auch möglich, dass dieses tetanische Verharren in der Contraction von der besonderen Reizbarkeit des Muskels selbst abhängig ist.

Bisher habe ich nur den Ablauf der Contractionscurve bei verschiedenen Herzen, die unter nahezu gleichen Temperaturen standen, ins Auge gefasst. Die Form der genannten Curve ändert sich jedoch auch an demselben Herzen mit der variablen Temperatur. Die folgenden Holzschnitte lassen erkennen, dass sich im Allgemeinen mit der abnehmenden Temperatur die auf- und absteigenden Curvenschenkel mehr und mehr in die Länge ziehen. Wie sehr sich aber auch die Wirkung der Temperatur ausprägt, immerhin macht sich auch die Eigenthümlichkeit des einzelnen Herzens selbst geltend, wie eine Vergleichung der vorgelegten Beispiele 4, 5, 6, 7 darthut. — Mit der Vorführung dieser Figuren verbinde ich zugleich die Absicht, dem Leser beispielsweise eine Vorstellung von der thatsächlichen Grundlage dieser Abhandlung zu geben.

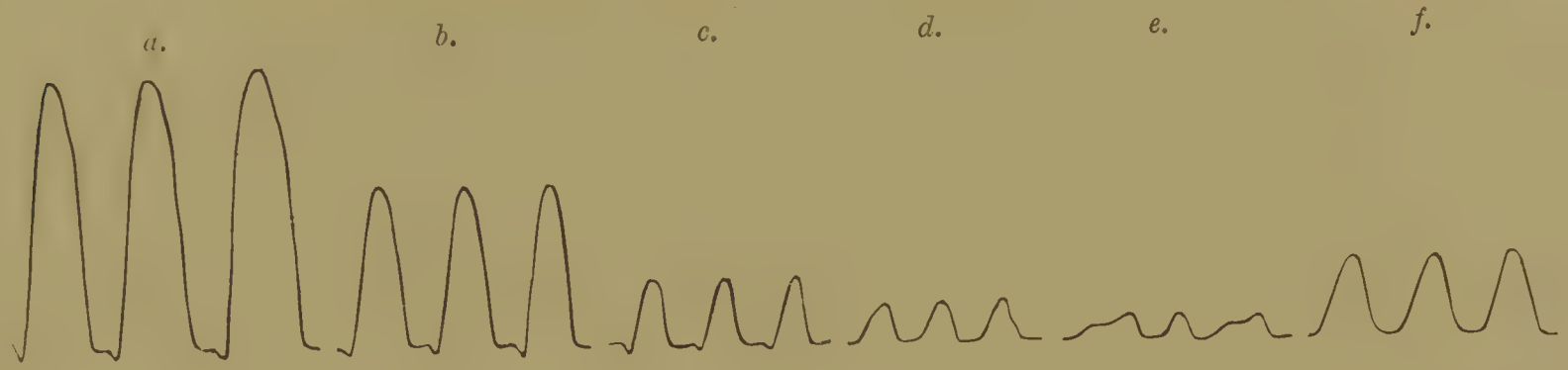


Fig. 4.

a. Das Herz mit frischem Serum gefüllt, am Ende der Diastole eine kleine Eigenschwingung, bei 19° C. — *b*. Mit derselben Füllung eine Stunde später, bei 19° C. — *c*. Nach allmähligem Erwärmen auf 24° C. — *d*. Ebenso auf 34°. — *e*. Ebenso auf 39°; das Maximum der Schlagzahlen ist schon überschritten; die Pulse werden unregelmässig; dieses deutet auf die beginnende Unregelmässigkeit der Zusammenziehung der Fase . — *f*. Allmählige Abkühlung auf 19°. Die Schläge haben wieder dieselbe Dauer wie in *b*. Die beträchtlich geringere Excursion deutet darauf hin, dass das Serum seine erhaltenden Eigenschaften verloren hat.

a. Auf 3° C. — *b*. Auf 7° C. — *c*. Auf 14° C. — *d*. Auf 20° C. — *e*. Auf 28° C.

Dieser Fall ist dadurch ausgezeichnet, dass das Maximum der Excursion bis zu 3° hin noch im Wachsen begriffen ist.

Fig. 5.

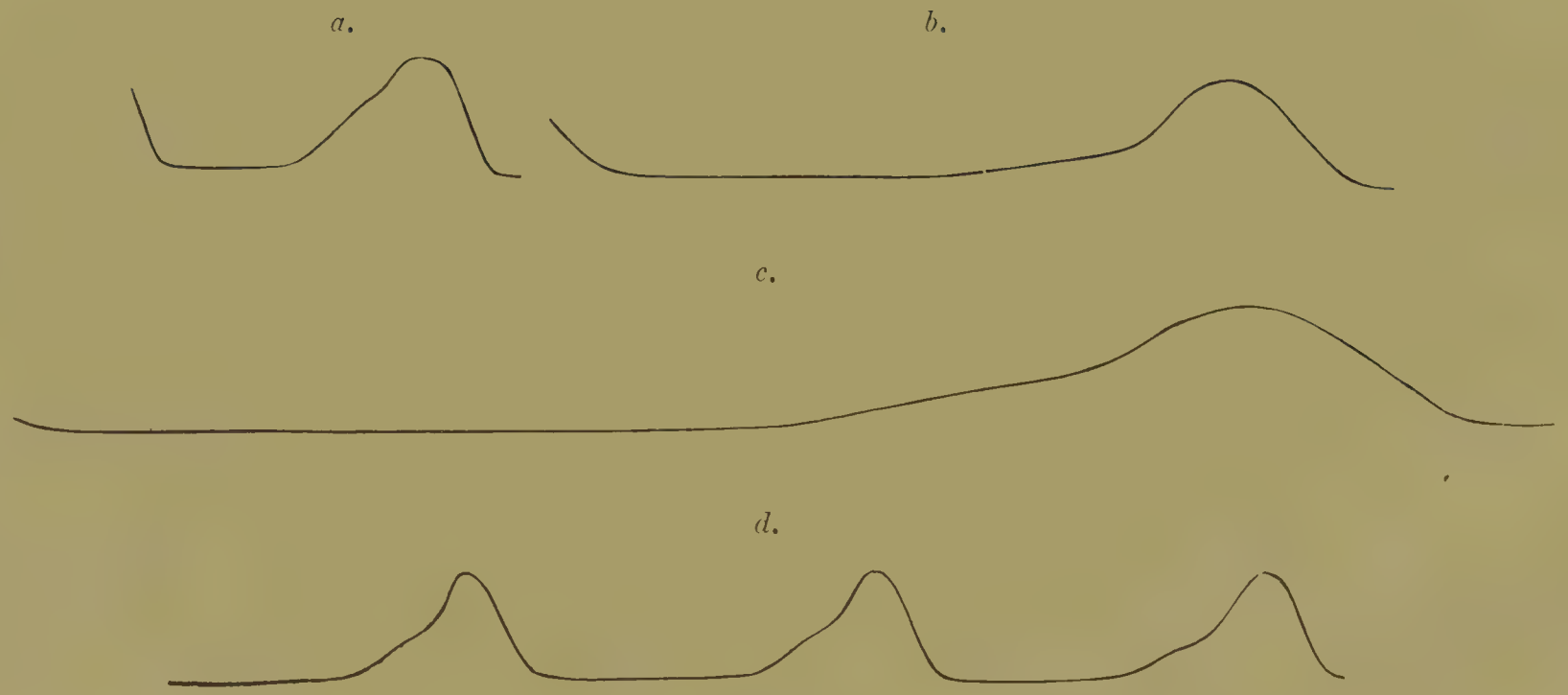


Fig. 6.

a. Auf 21° C. Allmähliges Abkühlen. — *b*. Auf 7° C. — *c*. Auf 2° C. Die Dauer der Pulse nimmt zu, ihre Excursion ist unverändert. — *d*. Allmähliges Wiedererwärmen auf 21°. Die Excursion ist die frühere. Die Frequenz ist etwas geringer, als sie vor der Abkühlung bei 21° C. war.

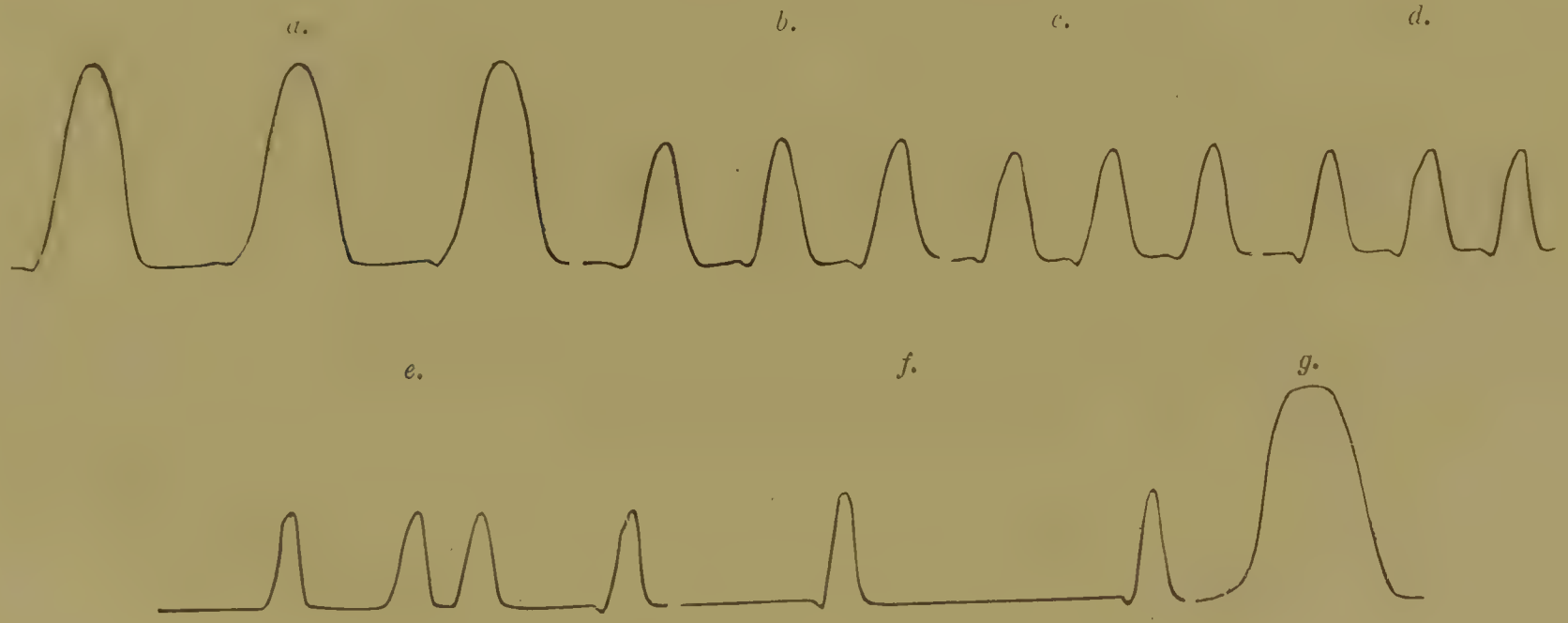


Fig. 7.

a Erwärmung auf 18° C., *b* zu 26°, *c* zu 30°, *d* zu 33°, *e* zu 34°. *f* zu 35°, *g* Wiederabkühlen auf 18°.
Diese Reihe zeigt das Verhalten, dass jenseits des Maximums der Schlagzahlen der Herzstillstand durch allmählige Vergrösserung der Pausen erfolgt, während die Grösse der Excursion unverändert bleibt. — Der beim Wiederabkühlen auf 18° erfolgende Schlag ist abermals langsamer, als er bei derselben Temperatur vor dem Erwärmen war. Die Excursion ist gleich der früheren.

Bei einer Vergleichung des zeitlichen Verlaufs der Schläge, welche von den verschieden temperirten Herzen ausgehen, schien es mir noch von Belang zu ermitteln, wie lange während der Zeiteinheit das Herz in der Contraction bleibt. Denn wenn das Herz in gleicher Zeit eine sehr ungleiche Zahl von Schlägen ausführt, so kann der Antheil jener Zeit, welchen es auf seine Zusammenziehung verwendet, in allen Fällen ungleich, er konnte aber auch in allen gleich sein; dieses Letztere müsste namentlich der Fall sein, wenn die Contractionszeit des einzelnen Schlags in dem Masse abgenommen, in welchem die Zahl der Schläge zugenommen. — Das Interesse, welches sich an die Beantwortung der vorgelegten Frage knüpft, liegt, wie mir scheint, darin, dass die Zeit, während welcher die Zusammenziehung besteht, einer der Factoren ist, nach denen einerseits die Anstrengung des Muskels und unter Umständen auch andererseits die Grösse (oder Zahl) des oder der Reize gemessen wird, welche die Zusammenziehung veranlassten. — Die Grundlagen für die anzustellende Vergleichung sind nun folgendermassen zu gewinnen. Von alle den Curven, welche ein Herz bei den verschiedenen Temperaturgraden aufgeschrieben, nimmt man ein je gleich langes Stück; man misst dann auf jedem einzelnen dieser Stücke die Contractionsdauer aller einzelnen Herzschläge und vereinigt darauf diese separaten Werthe zu einer Summe.

Geht man zur Ausführung dieses einfachen Plans über, so erhebt sich zunächst die Vorfrage, was unter der Contractionsdauer zu verstehen sei. So lange die Faserung noch nicht wieder die Länge erreicht hat, welche ihr bei Beginn der Contraction zukam, kann sie vielleicht noch als contrahirt angesehen werden; wollte man diese Anschauung acceptiren, so würde man die ganze Dauer der eigentlichen Herzbewegung (auf- und absteigenden Schenkel der Schlagcurve) zu messen haben. Statt dessen habe ich es vorgezogen, nur die Dauer der Systole im engern Wortsinn zu Grunde zu legen, also die Zeit, welche zur Vollendung des aufsteigenden Schenkels einer Schlagcurve nöthig ist. Denn in dieser Zeit, in welcher das Contractionsbestreben der Faser im Uebergewicht ist, bestimmt dieses letztere ebenso wie der sie veranlassende Reiz wesentlich die Form.

Da die Messung vorzugsweise in der Absicht unternommen wurde, um eine Vergleichung der Reize anstellen zu können, auch unter der Voraussetzung, dass statt eines momentanen ein tetanischer Reiz den Herzschlag veranlasste, so habe ich zu derselben nur die Beobachtungen verwendet, bei welchen systolische und diastolische Schenkel der Schlagcurve unmittelbar in einander übergehen, also die ausgeschlossen, bei welchen ein tetanischer Gipfel vorhanden war. Dieses rechtfertigt sich darum, weil man, wie schon bemerkt, im Zweifel sein kann, ob das tetanische Stück nicht etwa der besonderen öfters vorkommenden Eigenthümlichkeit des Muskels zugeschrieben werden kann, auf einen momentanen Reiz mit einer tetanischen Contraction zu antworten.

Die wenigen Messungen, die ich nach Einführung dieser Beschränkung ausführen konnte, haben ergeben, dass in den Grenzen von 0 bis 18° C. die Summe der Systolendaueren in der Zeiteinheit sich annähernd immer gleich blieb. Dieses Resultat sagt also aus, dass die Dauer der

einzelnen Systolen in dem Masse zugenommen, in welchem ihre Zahl in der Zeiteinheit abgenommen hat. In dem Temperaturintervall von 18 bis 34° C. verhielt sich die Sache nur in einem Fall ähnlich, in mehreren andern nahm dagegen die Summe der Systolendauer mit der steigenden Temperatur ab, und zwar in einem Falle so weit, dass der Antheil, welcher den sämmtlichen Systolen während der Zeiteinheit zukam, bei 34° nur die Hälfte von dem betrug, welchen sie bei 18° besessen. Hier war also die Zeit, welche die Vollendung einer Systole verbraucht, doppelt so stark gesunken, als die Zahl der Schläge in der Zeiteinheit gewachsen war.

5. Ueber die Arbeit, welche das Herz in der Zeiteinheit für den Blutstrom bei verschiedenen Temperaturen leisten kann. Da der Druck, unter welchem die Flüssigkeit nach Beendigung der Systole durch das Manometer gegeben ist, und da aus den bekannten Dimensionen des Letzteren und dem specifischen Gewicht des Serums das absolute Gewicht der mit jedem Schlag ausgetriebenen Masse berechnet werden kann, so geben meine Beobachtungen auch unmittelbar einen Aufschluss über den Nutzwerth des Herzens für den Blutstrom. Weil es für unsere Zwecke genügt, die proportionalen Aenderungen des Nutzwerthes bei verschiedenen Temperaturen zu ermitteln, so habe ich statt seines vollen Werthes nur das Quadrat aus der Höhe genommen, um welche das Quecksilber nach vollendeter Systole über seinen diastolischen Stand emporgestiegen war; die Berechtigung hierfür lässt sich leicht darthun. — Das Volumen der ausgetriebenen Flüssigkeit ist gegeben durch die Menge von Quecksilber, welche aus dem herzseitigen Schenkel des Manometers in den entgegengesetzten gedrängt wurde. Da immer dasselbe Manometer und für jedes einzelne Herz dasselbe Serum gebraucht wurde, so kann man, so lange es sich um proportionale Werthe handelt, statt der wahren Gewichte der ausgetriebenen Flüssigkeitssäulen nur ihre Höhe (h) setzen. Der ausgeworfenene Herzinhalt ist aber vermöge der Einrichtung des Manometers auf verschiedene Höhen gehoben, namentlich aber auf alle diejenigen, welche zwischen Null und $2\,h$ gelegen sind; da er auf die genannten Hubhöhen gleichmässig vertheilt ist, so ist die mittlere Hubhöhe gleich h und demnach h^2 dem Nutzwerth eines Herzschlags proportional. Um hieraus die Herzarbeit in der Zeiteinheit zu berechnen, muss h^2 mit der Zahl der Herzschläge in dieser multiplicirt werden.

Aus den Thatsachen, die schon über die Aenderungen der Schläge nach Zahl und Umfang in verschiedenen Temperaturen mitgetheilt worden, geht ohne weiteres hervor, dass jedes Herz nur bei einem ganz bestimmten Temperaturgrad dem Blutstrom die grössten Dienste zu leisten vermag, denn der Werth desselben muss bei niederen Temperaturen geringer sein, als bei den mittleren, da sich durch die Abkühlung die Zahl der Schläge vermindert, ohne dass ihr Umfang zunimmt. Ebenso wenig kann jenseits des Maximums der Schlagzahlen der Nutzeffect grösser sein, als in den Mittelgraden der Wärme, weil hier die Frequenz und die Excursion der Pulse beträchtlich abgenommen haben. Nach den Auswerthungen, welche ich auf Grundlage meiner Beobachtungen vorgenommen, liegt der maximale Nutzeffect zwischen 18 und 26° C. Beispielsweise füge ich die folgenden Zahlenangaben bei.

Temperatur.	h. in Mm.	Zahl der Schläge in 40 Secunden.	Proportionalwerth des Nutzeffects in 40 Secunden.
19° C.	4,0	27	432
25	3,3	30	327
30	2,5	34	211
32	1,9	47	169
33	1,3	77	430
34	0,5	87	22
19° C.	7,7	21	1246
(19	8,3	19	1218)
23	8,8	25	1935
26	7,8	50	3040
28	6,2	76	2888
30	3,5	109	1334
18° C.	2,3	8,5	4581
25	5,7	16,1	536
	u. s. w. abnehmend.		
18° C.	20,9	15	6552
26	13,3	26,2	4688
30	11,4	31,5	4095

6. Ueber die Summe der Reize, welche in der Zeiteinheit von den automatischen Erregern bei veränderlicher Temperatur ausgehen. — Als ein relatives Mass für die Summe der Reize kann im Allgemeinen die Grösse und Dauer der Muskelverkürzung gelten, vorausgesetzt, dass die Reize, welche verglichen werden sollen, auf gleich reizbare und gleich belastete Muskeln gewirkt haben.

Bestehen die zu vergleichenden Muskelbewegungen aus einfachen Zuckungen, dass heisst aus Bewegungen, welche durch einen einzigen, sehr kurz dauernden Reiz hervorgerufen wurden, so wird die ungleiche Hubhöhe nur auf die ungleiche Stärke der Reize zu beziehen sein; nach A. Fick*) ist in diesem Falle die Grösse der geleisteten Arbeit der des Reizes direct proportional.

Etwas verwickelter werden die Beziehungen, wenn durch eine rasch aufeinander folgende Reihe von Einzelreizen eine tetanische Zusammenziehung hervorgebracht wird, denn hier kann dem bekannten Summirungsgesetz von Helmholtz zufolge durch wenige, aber stärkere Reize derselbe Verkürzungsgrad erzeugt werden, als durch zahlreichere, aber schwächere. Zwei gleich starke Zusammenziehungen, welche durch die beiden eben erwähnten Modificationen der Reizung erzeugt worden sind, werden darum keineswegs auf eine gleiche Summe von veranlassenden Reizen schliessen lassen, und zwar um so weniger, weil sich, wie A. Fick**) gezeigt hat, bei der tetanischen Reizung noch zwei andere Regeln gel-

*) Untersuchungen über elektrische Nervenreizung 1864. S. 1 u. f.
**) Zur vergleichenden Physiologie der irritablen Substanzen 1863. 48.

tend machen. Die erste derselben lautet nach ihm: Wenn man einen kleinen Reiz öfters hintereinander wirken lässt, so erreicht die Zusammenziehung des Muskels eine Grenze, welche bei fernerer Wiederholung dieses Reizes nicht überschritten wird; lässt man aber nun einen grössern Reiz wiederholt einwirken, so zieht sich der Muskel noch mehr zusammen. Der zweite Erfahrungsatz, welchen Fick aufgestellt hat, sagt aus, dass die Contraction, welche der folgende gleich grosse Reiz hervorbringt, jedesmal kleiner ist, als die, welche der vorhergehende hervorgebracht hatte. Die letztere Angabe ist von Marey*) bestätigt worden. Dem entsprechend wird man bei der tetanischen Zusammenziehung ausser der Grösse der Contraction auch noch die Dauer derselben zu berücksichtigen haben, ein Umstand, aus dem unmittelbar hervorgeht, dass der Werth der mechanischen Arbeit nicht mehr als Mass für die Grösse der Reizung angesehen werden darf. Ohne Widerspruch zu fürchten glaube ich aber annehmen zu dürfen, dass einer tetanischen Constraction von längerer Dauer und grösserem Umfang auch eine grössere Summe von Reizen entspricht.

Bei dem Versuch, diese Regeln auf die Zusammenziehung des Herzens anzuwenden, stossen wir zunächst auf die Schwierigkeit, dass wir die wahre Verkürzung der Herzfaser nicht anzugeben vermögen, weil unsere Messungen nur den Antheil des Inhalts feststellen, welcher durch die Systole ausgetrieben wurde. Statt des genauern Ausdrucks wird man sich also auf die Angabe beschränken müssen, dass einem grössern Volumen an ausgestossener Flüssigkeit auch eine grössere Zusammenziehung der Herzmuskeln entspreche. Bei der bekannten Beziehung zwischen Volumen und Umfang wird man noch hinzufügen können, dass die Contraction rascher als die ausgestossene Menge wachsen muss. Ausser dieser Ungenauigkeit haftet auf unserm Versuch, die Summe der Reizgrösse für die verschiedenen Herzcontractionen zu finden, noch eine andere Schwierigkeit. Diese besteht darin, dass der Herzmuskel und seine Nerven mit der Temperatur zugleich ihre Reizbarkeit ändern.

Unter Berücksichtigung aller dieser Umstände dürfte man auf folgendes Wenige beschränkt sein. — Es bleibt unbestimmt, wie sich die Reizwerthe ändern, wenn die Temperatur unter 18° C. herabsinkt. Indem sich die Temperatur nach dieser Richtung hin bewegt, nimmt allerdings die vom Herzen geleistete Arbeit ab, und die Summe der Systolendauer nimmt nicht zu; zugleich aber mindert sich die Reizbarkeit von Muskel und Nerv sehr bedeutend. Demnach können zur Herbeiführung dieser geringern Effecte in der niederen Temperatur grössere Reize wirksam gewesen sein, als es ihrer zur Erzeugung einer grössern und anhaltendern Zusammenziehung bei höhern Temperaturen bedurft hätte.

Anders verhalten sich die Dinge von der mittleren Temperatur aufwärts. Hier nimmt die Reizbarkeit der Nerven und Muskeln zu, und ausserdem wird die Dauer und der Umfang der einzelnen Contractionen geringer. Wäre also die Summe der Reize, welche in der Zeiteinheit auf den Herzmuskel wirkte, derjenigen gleich, die bei 18 bis 26° C. auf ihn wirkt, so müsste die von dem Herzen ausgehende Arbeit jeden-

*) Journal de l'anatomie et de la physiologie 1866. 403.

falls grösser werden. Nun tritt aber gerade das Umgekehrte ein, denn wir sahen, dass in der Regel schon von 18° an aufwärts nicht allein die Arbeit, sondern auch die Summe der Systolendauer in der Zeiteinheit vermindert wurde. Daraus muss man schliessen, dass dieses auch mit den in jenem Zeitraum entwickelten Reizen der Fall sei. Auf die Gültigkeit dieses Schlusses hat es keinen Einfluss, ob man annimmt, dass sich das Herz in Folge einer momentanen oder einer tetanischen Reizung contrahire.

7. Ueber das Anpassen der Zahlen der Reize in der Zeiteinheit an den Zustand der Muskelbeweglichkeit. Bekanntlich braucht jeder quergestreifte Muskel, wenn er abgekühlt ist und von einen momentanen Reiz getroffen wird, eine lange Zeit, um seine Zuckungen zu vollenden. Die kurze Dauer der Zuckungen muss also, da sie nicht von der Dauer des Reizes bedingt ist, von irgendwelchen Eigenschaften des Nerven und Muskels abhängig sein. Unter diesen spielt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung, welche durch die Kälte bedeutend herabgedrückt wird, unzweifelhaft eine wichtige Rolle; dass sie aber nicht allein in Betracht kommt, geht daraus hervor, weil der kalte Muskel sich nicht allein langsamer zusammenzieht, sondern weil er sich auch langsamer wieder ausdehnt. Ganz ähnlich wie alle andern quergestreiften verhält sich nun auch der Herzmuskel, was zu verschiedenen Malen in dieser Abhandlung schon hervorgehoben wurde, ebenso wie das umgekehrte Verhalten des erwärmten Herzens. Unter Berücksichtigung dieser Eigenschaft der Nerven- und Muskelmasse erscheint es nun bemerkenswerth, dass sich die Zahl der natürlichen Herzreize in der Zeiteinheit der Zeit anpasst, welche das Herz zum Ablauf der Zuckung verbraucht. Würde das Herz in der niederen Temperatur so häufig gereizt wie in der höhern, so würde es in Tetanus verharren, eine Contractionsweise, welche den Effect des Herzens für den Blutstrom ebenso sehr beeinträchtigen würde, wie dies geschehen müsste, wenn bei höherer Temperatur die rasch ablaufenden Schläge seltener aufeinander folgten.

Zur Erklärung des Zusammenhanges zwischen den Eigenschaften der Muskel- und Nervenmasse einerseits und der reizenden Werkzeuge andererseits könnte man annehmen wollen, es besteht eine Rückwirkung der Nerven und Muskeln auf den Erreger, so dass der Letztere erst dann wieder in Action kommen könne, nachdem die Zuckung abgelaufen sei.

Gegen diese Unterstellung sprechen jedoch häufig zu beobachtende Thatsachen. So kommt es unter anderen vor, dass ein zweiter Reiz eher auf einen ersten folgt, als der im ersten Reiz entsprechende Schlag abgelaufen ist, und ebenso findet sich, dass, wenn bei niedern Temperaturen die Zahl der Schläge auf 3 bis 4 in der Minute herabgesunken ist, eine lange Pause zwischen je 2 aufeinander folgenden Schlägen eintritt.

Nach der Abweisung des eben hingestellten Zusammenhangs bleibt, wie mir scheint, keine andere Deutung der Erscheinung übrig, als die, dass Erreger, Nerven und Muskeln in gleichmässiger Weise von der Temperatur beeinflusst werden. Wir hätten damit nur ein bemerkenswerthes Beispiel mehr, dass die Lebensbedingungen für die Nerven und ihre natürlichen Erreger einander sehr nahe stehen. Die Bedingungen, welche die Beweglichkeit der Nerven- und Muskelmoleküle herabsetzen

oder erhöhen, wirken demnach in gleicher Weise auf die erregenden Werkzeuge.

8. Ueber die mit der Wärme geänderte Ausdehnbarkeit des Herzmuskels. — Misst man den Abstand des niedrigsten Punktes, welchen das Herz während der Pause erreicht, von einer willkürlichen Geraden oder dem Nullpunkt des Manometerstandes, so macht man die Beobachtung, dass dieser Abstand in verschiedenen Temperaturen einen ungleichen Werth besitzt, mit andern Worten: das Herz dehnt sich während der Pause ungleich weit aus. Diese Dehnung der Faser ist offenbar nicht in allen Fällen auf denselben Grund zurückzuführen. Ich glaube in Uebereinstimmung mit den Thatsachen zu sein, wenn ich annehme, dass einestheils bei unveränderter Elasticität die Ursache der ungleichen Ausdehnung gegeben sei durch die verschiedene Dauer der Pause oder, was dasselbe sagt, durch die ungleiche Zeit, während welcher das Herz dem ausdehnenden Druck Folge leisten kann. Wir wissen aus den Erfahrungen Wundt's, dass die Muskelsubstanz durch ein an sie gehängtes Gewicht nur äusserst langsam ausgedehnt wird, und darum lässt sich mit Bestimmtheit sagen, dass selbst bei einer mässig raschen Schlagfolge, z. B. bei 15 – 20 Schlägen in der Minute, dem Herzmuskel nicht die genügende Zeit zur Erreichung seiner Gleichgewichtslage gegönnt ward; um so mehr dürfte dieses gelten, wenn die Schläge häufiger und zugleich kräftig sind, weil dann der Muskel auch noch die nach dem Maximum der Contraction zurückbleibenden Widerstände zu überwinden hat. Mit dem Vorstehenden stimmt es nun, dass jedesmal die Ausdehnung des Herzens während der Diastole geringer ist, wenn kräftige Schläge rascher folgen, dass sie dagegen grösser wird, wenn schwache und seltene Schläge auftreten.

Mit Hülfe des eben entwickelten Grundsatzes lassen sich jedoch nicht alle hier einschlagenden Erscheinungen erläutern; aus diesem Grunde bin ich geneigt anzunehmen, dass sich auch die Elasticität der Herzmuskulatur mit dem Uebergange in verschiedene Temperaturen ändert. Wenn sich das Herz dem Wärmegrade nähert, in welchem es das Maximum seiner Schlagzahl erreicht, so pflegt in der Regel die Ausdehnung merklich zuzunehmen. Wenn unter diesen Umständen der Umfang der Contraction ein sehr geringer geworden ist, so kann man die Schuld der grössern Ausdehnung auf die verminderte Contraction schieben, vermöge welcher die in der vorausgegangenen Pause erzielte Ausdehnung nicht wieder vollständig ausgeglichen wird. Dieser Erklärungsgrund reicht aber nicht aus, wenn, wie es öfter der Fall, zu der genannten Zeit der Umfang der Zusammenziehung noch ein bedeutenderer ist im Verhältniss zu derjenigen, die während der Normaltemperatur besteht. So habe ich unter Andern gesehen, dass das Herz bei 35 Schlägen in 40 Secunden und einer Excursion von 6,5 mm während der Diastole einen um 10 mm tiefern Stand der Quecksilbersäule erreichte, als er ihm bei der Temperatur von 20° zukam.

Noch überzeugender für die Aenderung der Elasticität mit der Temperatur ist das Verhalten des Herzens während der beiden Stillstände durch hohe und niedere Temperaturen. Verharrt das Herz mehrere Minuten hindurch bei höherer Temperatur im Stillstand, so sinkt das

Quecksilber in der Regel um mehrere Millimeter tiefer als zu der Zeit, wo dasselbe Herz durch niedere Temperatur in dem Stillstande verbleibt.

Es scheint mir nicht überflüssig hinzuzusetzen, dass ich diesen Gegensatz auch dann gefunden habe, wenn beim Zurückführen des Herzens aus den abweichenden in die normalen Wärmegrade wieder dieselbe Ausdehnung während der Pause eintrat, die es vor der Erwärmung und der Abkühlung besessen hatte. Die Controle schliesst den Verdacht aus, als ob sich während des Versuchs aus irgend welchem Grunde der Inhalt des Herzens gemindert habe.

B. Wirkungen der plötzlichen Temperaturänderung auf den Herzschlag. Nachdem ich, soweit es auf der Grundlage meiner Beobachtungen möglich war, die Aenderungen des Herzschlags mit der allmählig veränderten Temperatur erörtert habe, werde ich jetzt zu der Beschreibung der Erscheinungen übergehen, welche sich einfinden, wenn man das Herz so rasch als möglich von höhern zu niedern Wärmegraden bringt. Nach den Erfahrungen von Rosenthal am gewöhnlichen quergestreiften Muskel und seinen zugehörigen Nerven musste es sehr wahrscheinlich werden, dass auch das Herz auf plötzliche Temperaturveränderungen ganz anders reagire als auf allmählige. Diesen Erwartungen haben die Thatsachen vollkommen entsprochen. — 1. Kommt das Herz, welches bisher bei einer Temperatur von 20° bis 22° schlug, plötzlich mit Serum und Luft von 0° in Berührung, so sinken die Excursionen, die Bewegungen werden wurmförmig, und das Herz dehnt sich allmählig bedeutender aus, als dieses beim allmähligen Uebergang in die niedere Temperatur zu geschehen pflegt. Verweilt nun das Herz einige Minuten in der niedern Temperatur, so wird der Umfang der Herzbewegungen wieder grösser, so dass sich das Herz so verhält, als ob es allmählig abgekühlt wird. — 2. Wenn ein Herz, das längere Zeit auf oder unter 0° gehalten wurde, plötzlich mit Serum und Luft von 40° berührt wird, so führt es eine Reihe von so rasch auf einander folgenden Schlägen aus, dass es schliesslich in einen Tetanus verfällt; dieser Tetanus kommt dadurch zu Stande, dass der jedesmal folgende Reiz früher erscheint, bevor die dem Vorhergehenden entsprechende Zuckung wieder abgelaufen ist. Die auf einander folgenden Zuckungen bringen ganz dasselbe Bild hervor, welches ein Muskel bietet, der in Tetanus versetzt wurde, durch momentane Reize, die in kürzern Zeiträumen auf einander folgten. Dieser Tetanus hält am Herzen höchstens 15 bis 30 Sekunden an. Bleibt von nun an das Herz noch der höhern Temperatur ausgesetzt, so durchläuft dasselbe in 1½ bis 2 Minuten alle diejenigen Schlagarten, welche es bei allmähliger Erwärmung darzubieten pflegt. — 3. Wieder anders ist die Erscheinung, welche sich darbietet, wenn das Herz von der Normaltemperatur aus plötzlich mit Serum und Luft von 40° umspült wird. Statt dass die Schläge, wie es bei allmähliger Erwärmung der Fall, sogleich häufiger und kürzer ausfallen, werden sie nun gross und selten. Die Form der Curven, welche das Manometer anschreibt, gleicht ganz derjenigen, die man durch Reizung des Vagus bei der Normaltemperatur erhält. Die einzelnen Schläge laufen nämlich viel rascher ab, als diejenigen, welche das abgekühlte Herz ausführt, und sie sind durch grosse Pausen von einander getrennt. Diese Art zu schlagen erhält sich 1 bis

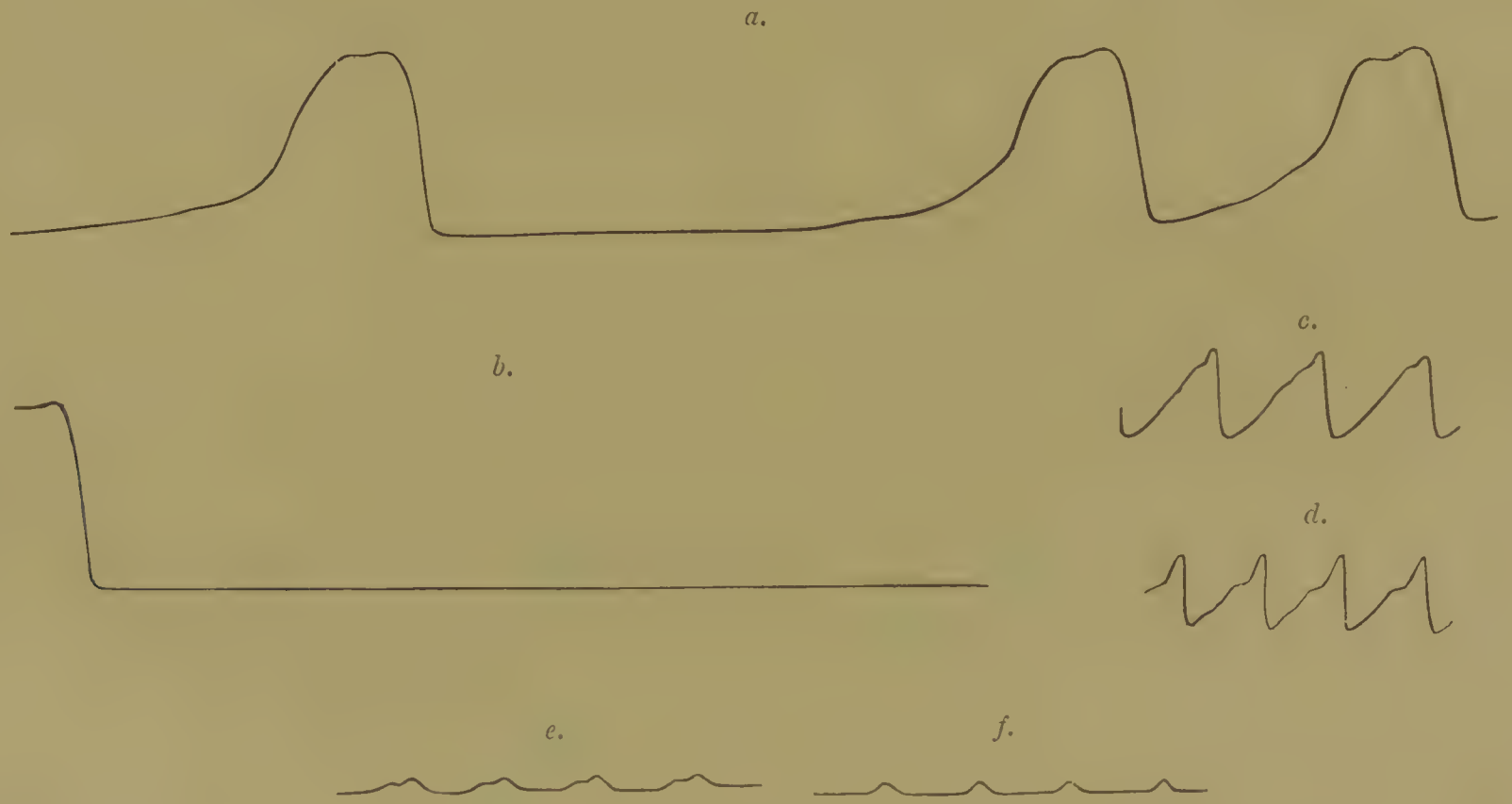


Fig. 8.

Plötzliche Erwärmung von 20° auf 40° C. — *a*. Während der beiden ersten (rechts) noch normalen Schläge Erwärmung, alsbald eine lange Pause, der ein den früheren gleicher Schlag folgt. — *b* setzt sich unmittelbar an *a* an. — Die übrigen Abbildungen geben der Reihe nach das Verhalten des Herzschlages während fortdauernder Erwärmung.

2 Minuten hin. Ist diese Zeit verflossen und bleibt alsdann das Herz noch in der hohen Temperatur, so durchläuft es wiederum die Bewegungsarten, welche uns von der allmähligen Erwärmung her bekannt sind. In dem 8. Holzschnitt habe ich die Erscheinung wiedergegeben. — 4. Von der bisher gegebenen Beschreibung weicht das Verhalten eines Herzens ab, dessen Höhle mit einem Serum gefüllt war, welches auf einen Kubikcentimeter $1^1/_2$ bis 2 mg Curare enthält. Ein auf diese Weise vergiftetes Herz verhält sich bei allmähliger Erwärmung gerade so wie das unvergiftete; bei plötzlicher Erwärmung von 20° auf 40° aber benimmt es sich in so fern anders als ein unvergiftetes, als es die grossen und seltenen Schläge desselben unterlässt. Gleich vom ersten Beginn der Erwärmung an werden die Schläge allmählig kleiner und häufiger, wie dieses beim unvergifteten Herzen erst nach dem Ablauf der grossen Schläge geschah.

C. Vergleichung der beobachteten Thatsachen mit den gegenwärtigen Vorstellungen über die Einrichtung der Erregungsapparate des Herzens. — Wie sich die Wärme in die molekularen Bewegungen einmischt, deren Resultat der rhythmische Herzreiz ist, kann gegenwärtig noch nicht der Gegenstand der theoretischen Betrachtung werden. Diese Erkenntniss zwingt uns jedoch noch nicht zu einem Verzicht auf jede Art von theoretischer Betrachtung, da uns statt eines Eingehens auf die letzten Ursachen immer noch das auf die entferntern übrig bleibt. Unbestreitbar besteht doch die Möglichkeit, dass die molekularen Vorgänge welche an der Herzerregung betheiligt sind, sich gruppenweis zusammen ordnen, so dass der Erregungsvorgang als eine Resultirende dieser Gruppen zu betrachten wäre. Auf die Einrichtung und Verbindung dieser Gruppen können wir aber schliessen durch eine genauere Beobachtung der Herzbewegung und der Umstände, unter denen sich dieselbe ändert. In der That haben nun die Auslegungen der bis dahin gewonnenen Erfahrungen zu einer Hypothese im angedeuteten Sinne geführt.

Die Annahme, auf welche ich eben anspielte, behauptet in Uebereinstimmung mit den besten Beobachtungen, dass der Erregungsapparat des Herzens aus zwei Stücken zusammengesetzt sei; das eine derselben soll die Summe der zur Verwendung kommenden Reize entwickeln, das andere (das regulirende oder hemmende) soll den rhythmischen Uebergang der Reize auf die motorischen Nerven bewirken. Diese beiden Theile sind reizbar, es können also, in Folge eines äusseren Reizes auf sie, Kräfte aus Ihnen ausgelöst werden. — Den hemmenden Theil denkt sich ferner die gegenwärtig herrschende Hypothese nach Art eines elastischen Widerstandes eingerichtet. Dieser letztere kann nun zwar mit veränderten Umständen von einem sehr ungleichen Werth sein; wenn aber die Bedingungen, unter denen das Herz lebt, sich gleich bleiben, so soll dieses auch mit dem Widerstand der Fall sein. Diese Vorstellung schliesst also insbesondere die Annahme aus, dass das regulatorische Stück sich mit den verschiedenen Phasen der Herzbewegung oscillatorisch ändere. — Das reizentwickelnde Stück soll so beschaffen sein, dass es ununterbrochen erregende Kräfte in Freiheit setzt. Diese können aber nicht in demselben Moment, in welchem sie entstanden sind, auf den motorischen Nerven überspringen, denn hieran hindert sie der elastische

Widerstand der Regulators; erst dann, wenn die Erregungsursachen in Folge ihres stetigen Anwachsens eine bestimmte Spannung erhalten haben, sind sie im Stande, den elastischen Widerstand zu durchbrechen. Ist dieses letztere aber einmal geschehen, so geht auch sogleich nahezu der ganze Vorrath der angesammelten Erregung in den Nerven über. Erhebt sich alsdann der nur zeitweilig niedergedrückte Widerstand von Neuem, so ist die Summe der jetzt vorhandenen Reizkräfte nicht gross genug, um sogleich wieder einen Durchbruch veranlassen zu können, sondern es kann dieses nur geschehen, nachdem sich abermals die erregenden Kräfte summirt haben. Fügen wir hinzu, dass auch die Summe der in der Zeiteinheit entwickelten Reize mit verschiedenen Umständen ungleich gross werden kann und ferner, dass die Hemmung und der Reiz durch dieselben Bedingungen in nicht gleicher Weise afficirbar sind, so liegt es auf der Hand, dass die vorliegende Hypothese geeignet sein muss, eine sehr grosse Zahl von Erscheinungen zu umfassen.

Soweit ich jedoch einsehe, kann man unter strenger Anwendung derselben nur das Zustandekommen regelmässig wiederkehrender und gleich grosser Herzschläge erklären, vorausgesetzt natürlich, dass in dem betrachteten Zeitraum die Lebensbedingungen des Herzens nicht verändert sind. Nun ist es mir aber im Verlauf meiner Untersuchung oft begegnet, dass entweder gleich starke Schläge von ganz ungleich grossen Pausen unterbrochen waren, oder dass in mehr oder weniger regelmässigem Wechsel schwächere und stärkere Schläge, und zwar so aufeinander folgten, dass jeder derselben zur Vollendung aller seiner Acte gleich viel Zeit bedurfte. Diese Erfahrungen, welche sich selbstverständlich auf Zeiten beziehen, in denen, so weit ersichtlich, die äussern Lebensbedingungen des Herzens vollkommen unverändert blieben, scheinen mir unvereinbar mit der Annahme eines constanten Widerstandes im regulatorischen Apparate. Dieser Punkt wird also künftig eine genauere Beachtung fordern.

1. Allmählig veränderte Temperatur. — Der Reihenfolge entsprechend, in der ich meinen Beobachtungen mitgetheilt habe, will ich auch zuerst versuchen, wie weit sich die Erfolge der allmählig veränderten Temperatur mit Hilfe der obigen Hypothese erklären lassen. — Wenn das Herz von der mittleren Temperatur aus bis zu 0° und darunter abgekühlt wird, so muss innerhalb des Temperaturintervalles, in welchem die Zahl der Schläge, nicht aber ihr Umfang, vermindert wurde, die Kraft des Hemmungsorganes gewachsen sein. Dieses ergiebt sich daraus, weil der Umfang des einzelnen Schlags nicht kleiner geworden, trotzdem dass in Folge der niedern Temperatur die Reizbarkeit der Nerven und des Muskels herabgesetzt ist; also muss der Reiz ein stärkerer geworden sein. Nach der Summationshypothese der Reize ist dieses nur möglich, wenn die Grösse des Widerstandes für den Uebergang derselben auf die Nerven gestiegen ist. Eine Bestätigung für diese Annahme scheint durch das Seltenerwerden der Schläge gegeben zu sein. Ob, wie nicht unwahrscheinlich, auch die Summe der in der Zeiteinheit freigewordenen Reize durch die Abkühlung vermindert wird, lässt sich aus schon früher angeführten Gründen (pag. 28) nicht angeben. — Der so eben aufgestellte Erklärungsgrund für die Erscheinungsweise des Herzschlags in dem

augenblicklich betrachteten Temperaturintervall scheint auf den ersten Blick in Widerspruch zu stehen mit den Ergebnissen, welche die elektrische Reizung des Herzens in jener Zeit hervorruft. Setzt man nämlich bei mittlerer Temperatur zwei feine um 1 Mm. von einander abstehende Drahtspitzen an den durch das Serum ausgedehnten sinus venosus und schickt durch die Drähte einige Inductionsschläge, so steht das Herz lange Zeit hindurch still. Führt man denselben Versuch an dem Herzen aus, welches nahezu bis auf 0° abgekühlt, aber noch im Schlagen begriffen ist, so verlängert man hierdurch wohl die Pausen, aber nicht so beträchtlich, als es bei mittleren Temperaturen geschehen kann. Ist das Herz bei noch weiterer Abkühlung in einen vollkommenen Stillstand gerathen, so ruft nun umgekehrt die elektriche Reizung am sinus venosus einzelne Schläge des ganzen Herzens hervor. Aus diesen Thatsachen scheint allerdings zu folgen, dass die Reizbarkeit des regulatorischen Apparates gesunken ist. Damit ist aber immer noch die Annahme vereinbar, dass der Widerstand gross geblieben, welchen das Hemmungsorgan dem Uebergang der Reize auf die Nerven entgegensetzt.

Auf Grundlage meiner Beobachtungen bleibt unentschieden, warum bei immer tieferer Abkühlung die Excursionen des Schlages erst geringer und dann 0° werden. Es ist möglich, dass der Erregungsapparat allmählig aufhört Reize zu entwickeln; ebenso denkbar ist es auch, dass die Erregbarkeit der motorischen Theile zu tief gesunken ist, um auf die freigewordenen Reize noch zu antworten; diese würden demnach wirkungslos durch die Nerven fahren.

Die gesammte Gruppe von Erscheinungen, welche zu Tage kommt, wenn das Herz von der mittlern Temperatur aus allmählig bis zu dem Grade erwärmt wird, bei welchem die Schlagzahl auf ihr Maximum kommt, deutet darauf hin, dass gleichzeitig die Summe der Kräfte in dem erregenden und in dem hemmenden Centrum abnimmt. — Dass die Summe der erregenden Kräfte kleiner wird, welche in der Zeiteinheit auf die Auslösung der Contraction verwendet werden, scheint aus der in A. 6 enthaltenen Betrachtung hervorzugehen. Will man aber, wenn dieses feststeht, die Beschleunigung des Herzschlags noch erklären unter Aufrechthaltung der gangbaren Hypothese, so bleibt nichts anderes übrig, als eine Schwächung der Hemmung anzunehmen, und da trotz einer steigenden Abnahme der erregenden Kräfte die Zahl der Schläge für gleiche Temperaturintervalle um so mehr wächst, je näher das Herz der Temperatur kommt, bei welcher es das Maximum seiner Schlagzahl erreicht, so muss man consequenter Weise auch folgern, dass bei jener Temperatur der Widerstand rascher als die Erzeugung von Erregung abnimmt.

Die soeben gezogene Folgerung kann aber nicht mehr als giltig betrachtet werden, wenn das Herz die Temperatur der höchsten Schlagzahl überschritten hat, denn von diesem Punkte an werden die Schläge seltener und zugleich werden sie entweder kleiner, oder sie bleiben gleich gross. Der letztere Fall (Verlängerung der Pausen ohne gleichzeitige Abnahme des Umfangs der Schläge) kann offenbar nur so gedeutet werden, dass der Widerstand nicht weiter abgenommen, dass dagegen die Summe der Reize, welche in der Zeiteinheit entwickelt werden, eine ge-

ringere geworden. Im andern Falle, in welchem die Pausen wachsen und der Umfang der Schläge abnimmt, muss dagegen auch noch eine Verminderung des Widerstandes eingetreten sein.

Der Stillstand des Herzens in der Wärme erfolgt jedenfalls deshalb, weil den Reizen die genügende Stärke zur Auslösung einer Zuckung fehlt. Dieses ergiebt sich aus den bekannten Erfahrungen über das Verhalten der Nerven- und Muskelreizbarkeit in den Temperaturen des Stillstandes; für das Herz aber insbesondere daraus, weil zu jener Zeit tactile und elektrische Reize von geringem Werth sogleich einen Herzschlag hervorrufen. Es bleibt also nur fraglich, ob der Process, welcher die Reize entwickelt, seine Thätigkeit eingestellt hat, oder ob in Folge einer Lähmung des Hemmungsorgans die Einzelreize nicht mehr zu Werthen summirt werden, wie sie zur Auslösung einer Zuckung genügen. Die Erscheinungen, welche dem Stillstande unmittelbar vorausgehen, weisen allerdings darauf hin, dass Beides, die Entwickelung der Reize und die Einrichtungen zur Summirung derselben, auf ein Minimum herabgesunken ist.

In der Periode des Wärmestillstandes ist jedenfalls die Reizbarkeit des regulatorischen Apparates so gut wie aufgehoben; man kann nämlich während seines Bestehens durch die beschränkte Reizung am sinus venosus, welche am mässig temperirten Herzen unfehlbar einen Stillstand hervorruft, einen vollkommenen Tetanus der Ventrikel auslösen, der so lange anhält, als die Reizung überhaupt dauert. Insofern unterscheidet sich der im Wärmestillstand anwesende Zustand des Herzens von allen übrigen; denn bei allen übrigen Temperaturen kann eine tetanische Reizung erst die Frequenz der Schläge ausserordentlich mehren, aber niemals eine tetanische Zusammenziehung hervorrufen. Nun kann im Wärmestillstand dieses Letztere sogar von einem Orte aus geschehen, der mit Ausnahme des unter 0° erkalteten Herzens immer nur Stillstand erzeugt. Die Eigenschaften der nervösen Centralorgane müssen sich aber im Wärmestillstand auch von denen unterscheiden, die im Kältestillstand vorhanden sind; denn dort brachte die dauernde Reizung des sinus venosus nur eine Zuckung, aber keinen Tetanus hervor.

Unter Berücksichtigung dieser Thatsache kann man allerdings geneigt sein anzunehmen, dass alle Einrichtungen, welche sonst die Erfolge des äussern Reizes zu modificiren vermögen, vollkommen ausgefallen sind, mit einem Wort, dass die Organe, welche die Reize erzeugen und summiren, in einen Scheintod gefallen sind.

Zu dieser Annahme ist auch schon Schelske gelangt, in Folge der Erscheinungen, welche er nach Reizung des Vagus an dem erwärmten und ruhenden Herzen eintreten sah. Während der Reizung des genannten Nerven sah er den Ventrikel in wogender Zusammenziehung (im Tetanus mit Intermissionen) begriffen. Allerdings würde dieser Erfolg, wenn er bei vollkommen isolirter Reizung des n. vagus einträte, dafür sprechen, dass die an der Bahn dieser Nerven etwa vorhandenen regulatorischen Apparate gänzlich ausser Wirksamkeit gekommen seien, denn ohne dieses konnte der n. vagus seine Funktion nicht umkehren. Nun scheint mir aber, wie ich aus einer häufigen Wiederholung des Versuchs von Schelske schliesse, dass der Verdacht einer gleichzeitigen directen

Herzreizung nicht vollkommen ausgeschlossen ist. Bekanntlich muss man, um vom n. vagus aus das normal temperirte Froschherz zum Stillstand zu bringen, schon ziemlich starke Ströme anwenden, und nicht minder starker bedarf es, um von demselben Orte aus das ruhende in Zuckung zu versetzen. Unter allen Umständen werden also Stromschleifen in das Herz gehen. Da nun durch die Wärme die elektrische Leitungsfähigkeit der Nerven- und Muskelmasse erhöht ist, da die Nerven und Muskeln des Herzens reizbarer geworden, die Erregbarkeit des Hemmungsorgans dagegen herabgesetzt ist, so konnten jetzt die Stromschleifen einen Erfolg erzeugen, der ihnen vorher versagt war. — Eine mechanische oder chemische Reizung des n. vagus am erwärmten Herzen wird demnach zur Entscheidung vorzunehmen sein.

Als das Resultat der bis dahin durchgeführten Vergleichung ergiebt sich allerdings, dass meine Versuche ein experimentum crucis weder für noch wider die gangbare Hypothese enthalten, aber ich hoffe die Ueberzeugung geweckt zu haben, dass es noch sorgfältigeren Specialstudien, als sie bei dieser mehr auf eine allgemeine Uebersicht berechneten Arbeit möglich waren, gelingen werde, manche Zusätze und Ausbesserungen in der Theorie des Herzschlags anzubringen.

Eine besondere Erklärung erfordert noch der peristaltische Ablauf der Contraction unmittelbar vor dem Herzstillstand. Rührt er davon her, dass die Erregungen in den einzelnen Heerden sich nicht mehr gleichzeitig entwickeln? oder davon, dass die Uebertragungswerkzeuge, welche zwischen den verschiedenen Nervenröhren die gleichzeitige Bewegung vermitteln, ausser Wirksamkeit gekommen sind? Der elektrische Reizungsversuch spricht für die erste Annahme; man kann nämlich, wie schon erwähnt, in jener Periode durch den Inductionsschlag auf eine eng umgrenzte Stelle der Ventrikel oder der Vorhöfe eine vollkommen gleichzeitige Zusammenziehung aller Herzfasern hervorrufen.

2. Plötzlich veränderte Temperatur. — Die Erscheinungen, welche die plötzliche Temperaturveränderung im Gegensatz zur allmähligen hervorruft und die Analogie, welche in dieser Beziehung zwischen dem Herzen und dem gewöhnlichen Nervenmuskelpräparat besteht, führen zu der Annahme, dass die plötzliche Temperaturänderung vorzugsweise reizend wirke. Es scheint mir nicht uninteressant, darauf hinzuweisen, dass sich in gewisser Beziehung der galvanische Strom und die Wärme ähnlich verhalten. Eine rasche Schwankung beider bedingt eine Reizung, während die dauernde Anwesenheit beider die Reizbarkeit umgestaltet.

Wenn aber die von 20° auf 40° C. plötzlich hereinbrechende Wärme die nervösen Herztheile reizt, so muss sie diese Wirkung vorzugsweise, entweder auf den Vagus oder auf das regulatorische Organ ausüben: denn in der That ruft die plötzliche Steigerung der Temperatur Erscheinungen hervor, wie sie sonst nach Vagusreizen eintritt. Hierfür spricht zuerst die Curve des Schlages selbst, welche, wie ich schon oben angegeben, die grösste Aehnlichkeit mit der besitzt, die man bei einer elektrischen Reizung des Vagusstammes beobachtet. Noch sicherer würde man die seltenen starken Schläge auf eine Vagusreizung beziehen dürfen, wenn es fest stände, dass starke Dosen von Curare die Enden des herum-

schweifenden Nerven innerhalb des Herzens lähmten. An dem mit dem genannten Gift behandelten Herzen ruft die plötzliche Temperatursteigung jenen Schlagmodus nicht hervor. Nun wissen wir aus frühern Beobachtungen von Heidenhain, welche Czermak bestätigt hat, dass das Curare die Reizbarkeit des Vagusstammes vernichtet. Da, wie ich mich überzeugt habe, auch an den von mir vergifteten Herzen die Reizbarkeit des Vagus erloschen war, so scheint hierdurch mein Erklärungsgrund gerechtfertigt. Wollte man einwenden, dass der bekannte Versuch von Stannius am curarisirten Herzen noch gelinge, und dass damit das Bestehen der Reizbarkeit in den Herzenden des Vagus bewiesen sei, so würde ich mit Czermak erwiedern: es könne das Gelingen des Unterbindungsversuches auch aus einer directen Reizung des regulatorischen Apparates selbst abgeleitet werden, der demnach durch Curare nicht vergiftet wird. — Warum nun aber vorzugsweise durch das plötzliche Anwachsen der Temperatur der Vagus gereizt wird, könnte eben sowohl in seinen besonderen Lagerungsverhältnissen, als auch in seiner grössern Erregbarkeit begründet sein.

Der letztern Unterstellung bin ich geneigt den Vorzug zu geben, weil es dadurch erklärlich wird (p. 30), dass die von 0 auf 40° C. plötzlich gesteigerte Wärme gerade umgekehrt wirkt, wie die von 20 auf 40° C. anwachsende, indem sie statt einer Pause eine sekundenlange Herzcontraktion hervorruft. Möglich bleibt es allerdings, dass die Nerven und Muskeln des stark und lange erkälteten Herzens bei der plötzlichen Erwärmung in einen von ihnen unmittelber ausgehenden Tetanus verfallen, wie man es unter ähnlichen Umständen am Schenkelpräparat des Frosches so oft begegnet.

---

2. *) Die Reflexe eines der sensiblen Nerven des Herzens auf die motorischen der Blutgefässe.

(Berichte der Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften 1866.)

Die Reizung der Nerven, welche vom Gehirn und Rückenmark zum Herzen laufen, hatte, wenn wir den n. vagus ausnehmen, bis dahin keine wesentlichen Aufschlüsse gewährt; insbesondere war es bis jetzt unentschieden geblieben, ob die Erregung der genannten Nerven einen Einfluss auf die Zahl und den Umfang der Herzschläge übe. Der Mangel eines sichern Erfolgs ist um so auffallender, als die Nerven, um die es sich hier handelt, keineswegs von so unbedeutender Grösse sind, dass ihre Wirkung eine verschwindend kleine hätte sein müssen. Lag darum nicht

*) Diese Arbeit wurde gemeinschaftlich mit Prof. C. Ludwig ausgeführt und veröffentlicht.

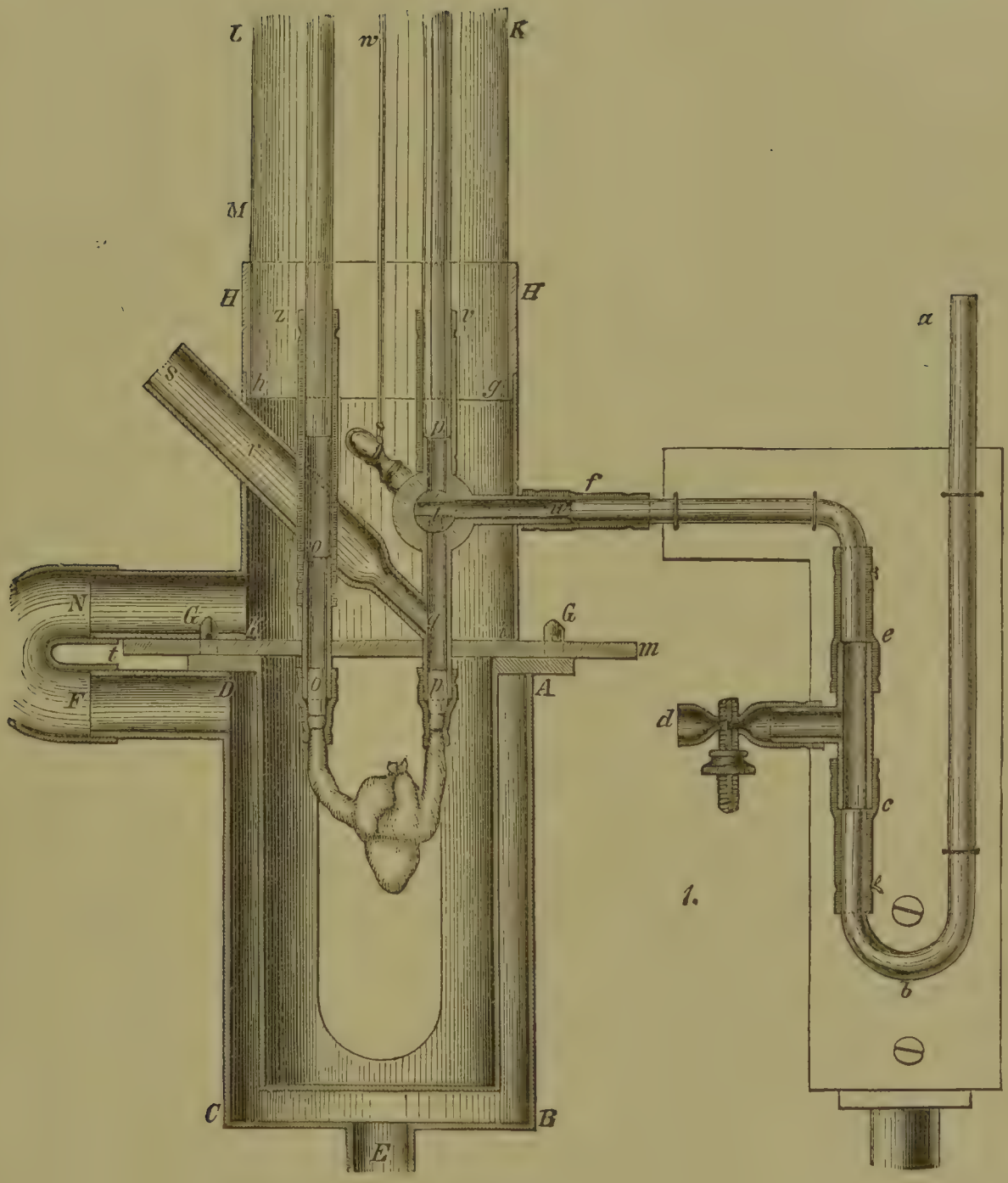

L
w
K
M
H
H
z
v
a
S
h
g
p
f
N
G
G
t
m
e
F
D
A
d
c
1.
b
C
B
E

Fig. 1.

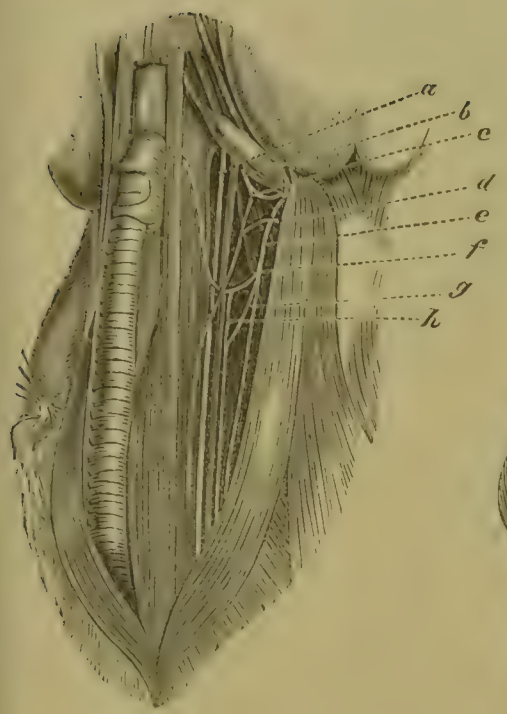


Fig. 2.

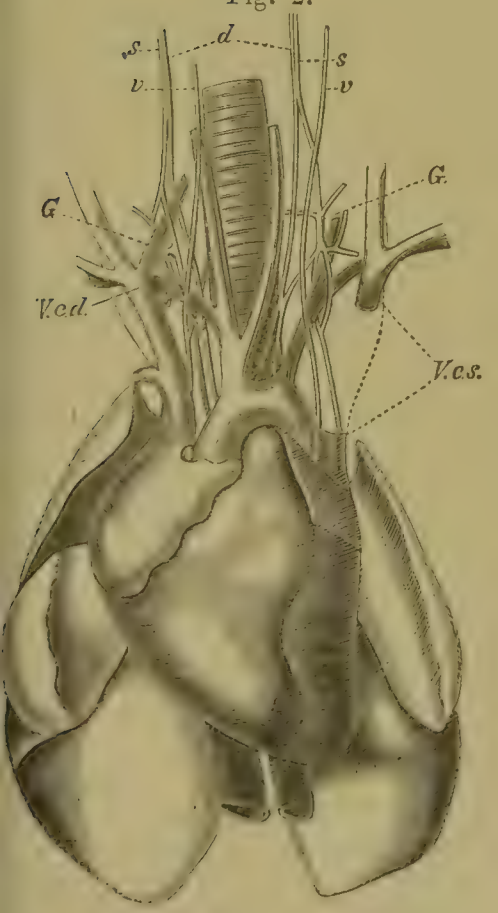


Fig. 3.

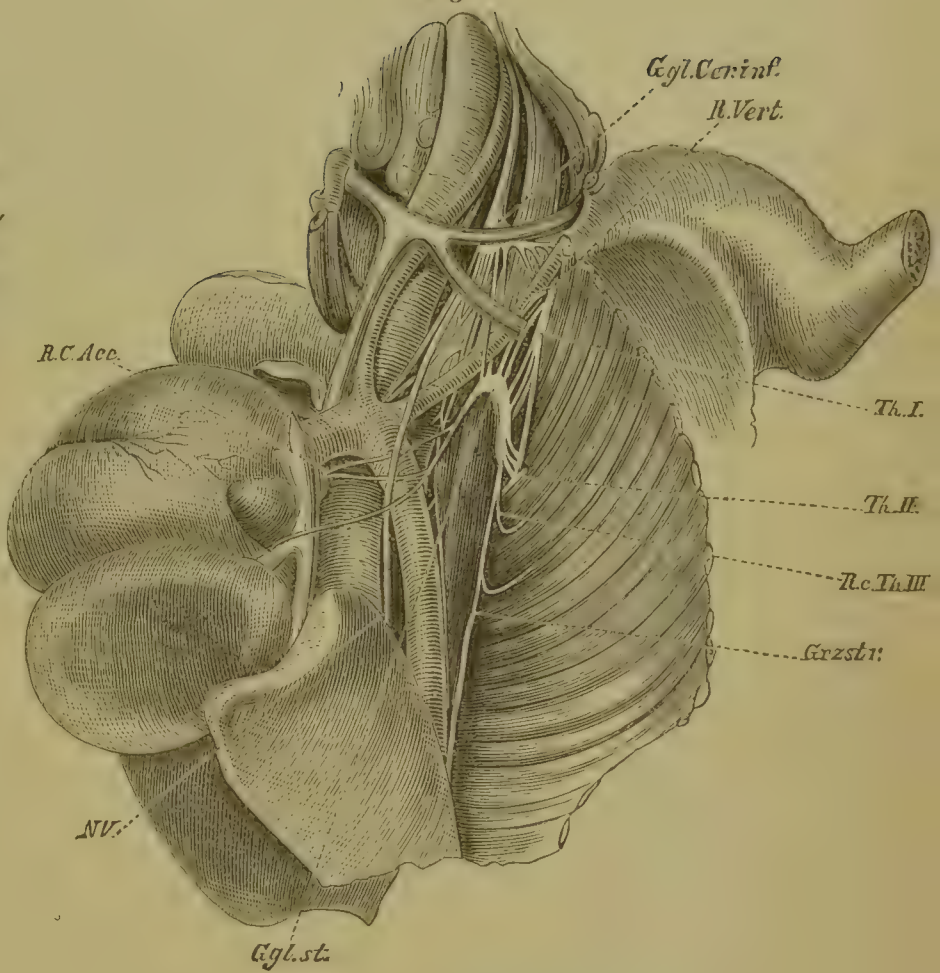
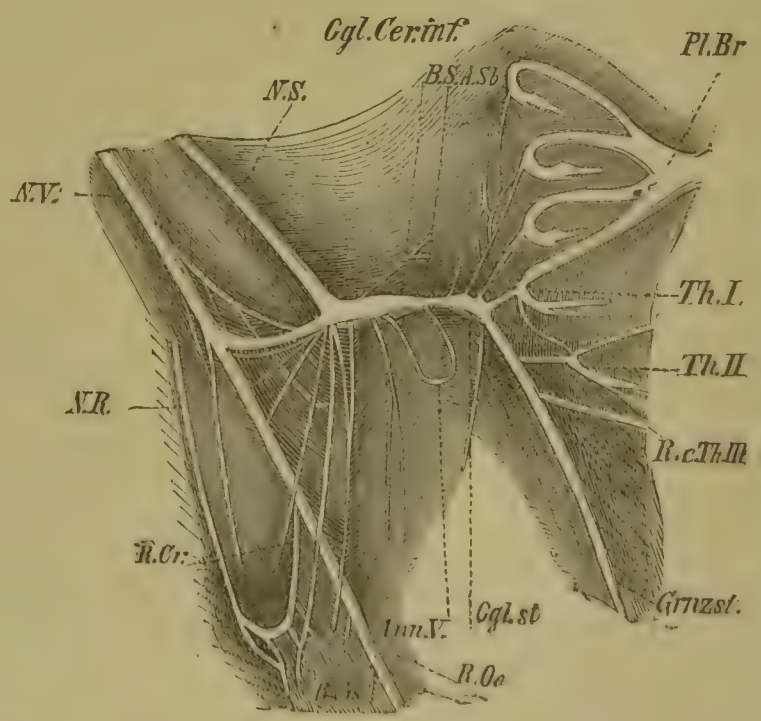


Fig. 4.



der Gedanke nahe, dass die Aufmerksamkeit nach der falschen Seite hin gerichtet gewesen? vielleicht wirken die Nerven vom Herzen nach dem Gehirn, statt dass sie der bisherigen Annahme entsprechend Erregungen im entgegengesetzten Sinne übertragen? Von dieser Vermuthung geleitet nahmen wir uns vor, die centralen Stümpfe der durchschnittenen Herznerven zu reizen, und zu beachten, welche Folgen dieses für den Herzschlag und den Blutdruck nach sich zieht. Als den Ausgangspunkt für unsere Versuche wählten wir den Zweig, der sich vom Stamme des n. vagus hoch am Halse ablöst, und nach längerem gesonderten Lauf in das ggl. stellatum einmündet. An diesem sehr bequem zu handhabenden Nerven wurde unsere Vermuthung sogleich bestätigt, indem wir fanden, dass er auf reflectorischem Wege den Blutdruck beträchtlich erniedrigen kann. Dieser Eigenschaft wegen schlagen wir vor, ihn künftig hin als nervus depressor zu bezeichnen.

Obwohl der n. depressor am lebenden Kaninchen leicht aufzufinden ist, so wollen wir doch, um jeder Verwechslung vorzubeugen, die anatomische Beschreibung seines Ursprungs und Verlaufs nicht unterlassen und beides durch eine Abbildung versinnlichen. Fig. 1 Taf. II lässt erkennen, dass der n. depressor mit zwei Wurzeln *g* u. *h* entspringt, die eine derselben geht aus dem Stamme des n. vagus *e* selbst, die zweite aus einem seiner Aeste, dem n. laryngeus sup. *f* hervor. Statt eines doppelten Ursprungs hat er öfter auch nur einen einzigen, der dann gewöhnlich aus dem n. laryngeus erfolgt. Nachdem der Nerv selbständig geworden, wendet er sich zur art. carotis und legt sich dort in unmittelbarer Nähe des n. sympathicus *a*, neben dem er, aber fortwährend von ihm getrennt, bis in die Nähe der Oeffnung des Brustkastens hingeht. In vielen — mehr als 40 — Kaninchen haben wir nur einmal eine Ausnahme von dem bis dahin beschriebenen Verhalten gesehen. Sie bestand darin, dass der Nerv in der Mitte des Halses noch einmal zum Stamm des n. vagus einlenkte und in die Scheide desselben überging. An der Stelle des n. vagus, wo dieses geschah, zerklüftete sich dieser letztere in einen kleinen Plexus, und aus diesem ging der n. depressor von neuem gesondert hervor, um von da ab gewohnter Massen zu verlaufen. Die oben gegebene Beschreibung wird dazu dienen, um den ohnedies leicht zu findenden Nerven vor einer Verwechslung mit dem ramus descendens hypoglossi zu schützen. In der Fig. 1 Taf. II, an welcher die in der Nähe liegenden Nerven durch die angeschriebenen Buchstaben bezeichnet sind, wurde die Lagerung derselben nicht naturgetreu wiedergegeben, weil dieses die Deutlichkeit des Ursprungs beeinträchtigt hätte. Eine einmalige Präparation der betreffenden Partie an der Kaninchenleiche wird einem Jeden genügen, um sich die fraglichen anatomischen Verhältnisse klar zu machen.

Beim Uebergang unseres Nerven in die Brusthöhle wird sein Verlauf verwickelter, da er von nun an eine Verbindung mit den Nervenzweigen eingeht, welche aus dem ggl. stellatum hervortreten. Die anatomischen Verhältnisse dieser Partie sind in Fig. 2 Taf. II dargestellt, welche einer frühern Publikation*) entnommen ist. Das was die Zergliederung mit dem Messer erkennen lässt, ist in dieser Zeichnung deutlich ange-

*) C. Ludwig und C. Thiry, Wiener Sitzungsberichte. 49. Band. 1864.

geben. Wir brauchen darum zu ihr nur hinzuzufügen, dass die Stränge, welche aus den Aesten des ggl. stellatum und dem n. depressor bestehen, schliesslich zwischen dem Ursprunge der art. aorta und der art. pulmonalis sich in Aestchen auflösen, die sich in dem festen Bindegewebe der Verfolgung mit dem blossen Auge entziehen. Eine mikroskopische Durchforschung des weitern Verlaufs überlassen wir der Zukunft.

Die Versuche, welche wir beschreiben werden, sind durchweg an Kaninchen angestellt. Sie haben sämmtlich die Absicht, den Mitteldruck des Blutes in einer grössern Arterie und die Zahl der Pulsschläge in der Zeiteinheit zu messen. — Zur Zählung des Pulses benutzten wir einigemale das Federmanometer von Ad. Fick, gewöhnlich aber das Quecksilbermanometer, mit dem wir den Druck massen. Unser Manometer vollendete eine ganze Eigenschwingung in 0,84 Sekunden, vorausgesetzt, dass es mit so viel Quecksilber gefüllt war, wie wir bei allen Versuchen angewendet haben, dass es ferner mit demselben Schwimmer belastet und mit der Glas-Feder, die mit Dinte gefüllt war, auf eine glatte Papiersorte schrieb. Die normale Pulszahl des Kaninchens pflegt bekanntlich nicht unter 150 in der Minute herabzusinken, so dass die Pulskurve mindestens doppelt so viele Wendepunkte in der Zeiteinheit darbietet, als diejenige, welche von den Eigenschwingungen das Manometers herrührte. Von allen andern Gründen abgesehen glauben wir darum den Zählungen des Herzschlags durch das Manometer vollkommenes Zutrauen schenken zu dürfen. Die Durchsicht unserer Pulskurven lehrt, dass diese Zuversicht auch bei viel seltnern Pulsschlägen als 150 in der Minute gerechtfertigt ist. In dem bei seltenem Pulsschlag sehr allmählig absinkenden diastolischen Schenkel der Pulskurve treten niemals Erhebungen ein in Zwischenräumen, wie sie durch die Dauer der Eigenschwingungen verlangt werden. Demnach reichen die Widerstände, welche dem Abfluss des Manometerinhaltes in das Gefässsystem hinein entgegenstehen, aus, um die Eigenschwingungen vollkommen zu vernichten.

Die genauern Zahlenangaben aus unsern Versuchen sind, um den Gang unserer Darstellungen nicht zu unterbrechen, an das Ende dieser Abhandlung verwiesen, mit fortlaufenden Nummern und mit Erläuterungen versehen. Wir werden im Text auf diese Nummern hinweisen.

Vor Allem war noch einmal festzustellen, dass die tetanische Reizung des peripherischen Stumpfes vom durchschnittenen n. depressor sich bei den von uns zur Beobachtung benützten Hülfsmittel unwirksam erwies. So oft auch der Versuch angewendet wurde, jedesmal blieb Pulszahl und Blutdruck dadurch unverändert. Als Beispiel diene Versuch I.

In dem Augenblick aber, in welchem die reizenden Inductionsschläge den centralen Stumpf des durchschnittenen und wohl isolirten Nerven durchfuhren, begann der Blutdruck und zwar allmählig abzufallen. Hatte derselbe sich auf die Hälfte oder auf das Drittheil des vor der Reizung bestandenen erniedrigt, so blieb er nun bei fortdauernder Reizung auf diesem Werthe stehen, und erhob sich nach Beendigung der Reizung eben so allmählig wieder auf die Höhe, welche er vor dem Beginne des Versuches besessen hatte. Diese Aenderung des Druckes beschränkte sich keineswegs auf das Blut der Carotis, denn ein Manometer, das mit der Lichtung der art. cruralis in Verbindung steht, bietet genau dieselben

Erscheinungen. Auch an der blossgelegten Aorta sind die Folgen der Reizung des n. depressor und zwar mit blossem Auge sichtbar, da die so bedeutende Erniedrigung des Drucks, wie zu erwarten stand, eine sehr merkliche Verminderung des Aortendurchmessers bedingt. Unser Phänomen dehnt sich also auf den Inhalt aller grossen Arterien aus. (Siehe die Beobachtungen I. II. III.)

Die Zeit, welche verstreicht, bevor der Druck von seinem normalen auf seinen niedrigsten Werth anlangt, ist in verschiedenen Thieren zwar nicht gleich gross, aber niemals sahen wir den Druck früher als nach fünfzehn Schlägen auf seiner geringsten Höhe ankommen. —

Nicht minder verschieden war der absolute Werth, um den sich der Mitteldruck änderte. Bei starker tetanischer Reizung der möglichst frischen Nerven sank er um 50 bis 70 mm Quecksilber; in Verhältnisszahlen ausgedrückt, wobei der vor der Reizung gemessene Druck gleich 1,00 gesetzt wird, betrug das Minimum in der Regel zwischen 0,45 und 0,70. Ausnahmsweise trat auch noch ein stärkeres proportionales Sinken ein, wie z. B. in IX*b*, wo während der Reizung der Druck nur 0,27 von der Normalzahl betrug.

Gleichzeitig mit dem beginnendem Absinken des Drucks stellt sich auch eine Verminderung der Pulszahl ein, vorausgesetzt, dass man nur den n. depressor durchschnitten hatte, und trotzdem, dass die Isolation des gereizten Nervenendes vollkommen genug war, um jede Spur des Verdachts zu beseitigen, als sei der in der Nähe liegende Stamm des n. vagus von dem reizenden Strom direct getroffen worden. Die Aenderung in der Pulszahl bleibt zudem, wenn auch der Stamm des n. vagus auf der gereizten Seite ausgeschnitten war, von dem Orte an, wo der n. laryngeus superior entspringt, bis zu dem, wo der n. vagus in die Brusthöhle eindringt. (Siehe Beobachtung IV und V. Zählung mit dem Manometer von A. Fick.)

Danach unterliegt es keinem Zweifel, dass die Aenderung der Pulszahl durch die Reizung des n. depressor hervorgerufen ist. Verfolgt man den Gang, den die Schlagfolge des Herzens nimmt, etwas genauer, so gewahrt man ausnahmslos, dass die bedeutendste Verlangsamung auf den Beginn des Versuchs fällt, also namentlich in der Zeit am merklichsten hervortritt, während welcher der Druck von seiner normalen auf seine geringste Höhe herabsteigt. Wenn er dort angelangt ist, so beschleunigt sich der Puls in der Regel und zwar in dem Maasse wieder, dass er oft ganz oder nahezu auf die Zahl zurückkommt, die er vor der Reizung besessen. (Siehe unter andern V *a*.) Wird nach kürzerer oder längerer Zeit die Reizung beendigt, so schlägt das Herz, während der Druck zu seinem normalen Werth zurückkehrt, gewöhnlich schneller als vor dem Beginn der Reizung.

Die ursprünglich auftauchende Vermuthung, dass das Sinken des Drucks durch die Verlangsamung des Pulsschlages hervorgerufen wäre, scheint uns schon durch diese Beobachtung widerlegt zu werden; es hätte doch der Druck, wäre die Pulsverlangsamung Ursache des Sinkens, wieder steigen müssen, nachdem die Schlagfolge des Herzens wieder rascher geworden war. Die ganze Erscheinungsweise der langsamen

Pulsschläge gewährt überhaupt den Eindruck, als ob man es mit einer reflectorischen Reizung des n. vagus zu thun habe.

Diese letztere Unterstellung war natürlich leicht zu prüfen, sie wurde bestätigt, als wir zuerst die n. vagi beiderseits durchschnitten und darauf das centrale Ende des n. depressor reizten. Geschah dieses, so sank der Druck auf 0,62, 0,53 etc., während sich die Pulszahl unverändert erhielt, oder nur um ein sehr Geringes, entweder unter oder über die Zahl schwankte, welche vor der Reizung anwesend war. (VI. Federmanometer VIII. *a*.)

Die Aenderungen der Pulszahlen, welche wir vor oder nach Durchschneidung der Vagusstämme beobachteten, lässt sich, wie es scheint, leicht erklären. Wir betrachten zuerst den Fall wenn der n. depressor, während die n. vagi unversehrt sind, gereizt wird, in welchem, wie angeführt, die Pulszahlen nur so lange zu sinken pflegen, als der Druck noch nicht sehr niedrig geworden, dagegen sich trotz des bestehenden Nervenreizes wieder mehren, nachdem das Letztere eingetreten ist. Für gewöhnlich giebt der im Hirn vorhandene Druck zu der tonischen Erregung Veranlassung, die wir am n. vagus beobachteten. Tritt zu diesem Reiz noch ein zweiter hinzu, wie er in unserm Fall durch den tetanisirten n. depressor ausgeübt wird, so muss die Zahl der Herzschläge natürlich noch weiter vermindert werden. Mit dem beginnenden Reiz vermindert sich aber sogleich der Blutdruck. Indem nun hierdurch einer der beiden Reize ausfällt, welche sich in den centralen Vagusenden summirten, kann es dahin kommen, dass trotz der bestehenden Erregung des n. depressor die Zahl der Pulse eben so gross wird, als sie vor jener Reizung gewesen war. — Wenn aber nach Durchschneidung der vagi während des Druckminimums in Folge der Reizung des n. depressor das Herz seltener schlägt, und umgekehrt rascher, wenn nach beendigter Reizung der Druck wieder ansteigt, so kann dieses als Folge eines Reizes angesehen werden, welchen das Blut unmittelbar auf die Flächen des Herzens ausübt. In der That ist nicht einzusehen, warum der Druck, welchen das Blut auf die innern Herzflächen ausübt, andere Folgen nach sich ziehen sollte, als wir sie in Folge anderer Druckursachen eintreten sehen. Diese wie es scheint natürliche Betrachtungsweise steht freilich im Widerspruch mit der von verschiedenen Seiten adoptirten Annahme von Marey*), wonach das Herz um so häufiger schlagen soll, je geringere Widerstände sich seiner Entleerung entgegensetzen. Die Beweise, welche Marey für seine Behauptung vorbringt, erscheinen uns deshalb nicht ausreichend, weil er mit den Widerstandsänderungen, die er in dem Blutstrom anbrachte, auch den Druck innerhalb des Gehirns in gleichem Sinne wachsen liess. Da er z. B. die n. vagi nicht durchschnitten hatte, so konnten die stärkern vom Hirn ausgehenden Erregungen über die geringern Reize das Uebergewicht erhalten, welche unmittelbar die Herzflächen angreifen.

Nachdem durch das Vorstehende eine einfache und wie es scheint genügende Erklärung für die durch die Reizung des n. depressor herbeigeführte Aenderung in der Pulsfrequenz gegeben, und unabhängig hiervon

*) La Circulation du Sang. Paris 1863. pag. 202 u. folg.

gezeigt war, dass die Aenderung des Drucks von derjenigen der Schlagfolge unabhängig ist, lag es uns ob den Mechanismus aufzusuchen, durch welchen das Sinken der arteriellen Spannung veranlasst war. Indem wir zunächst den Weg des Beweises durch Exclusion betraten, stellten wir fest, dass weder die Bewegungen des Brustkastens, noch die einer andern Skeletabtheilung in Frage kamen, denn die betreffende Erscheinung stellte sich auch noch ein, trotzdem dass der Brustkasten mittelst Durchschneidung des Sternums geöffnet, oder das Thier durch Curare vollständig narkotisirt war. Es versteht sich von selbst, dass wir in den eben genannten Versuchen die künstliche Respiration eingeleitet hatten. (V. und IX.)

Da durch die Curare-Vergiftung mit Ausnahme des Herzens und der Gefässmuskeln alle übrigen motorischen Theile ausser Thätigkeit treten, und da die Reizung des n. depressor auf reflectorischem Wege zur Geltung kam, so blieb nur noch übrig, eine reflectorisch hervorgerufene Minderung des Tonus anzunehmen, der auf das Herz und die Gefässmuskeln wirkt.

Um zu entscheiden, ob eine Verminderung der Herzschläge oder eine solche der Widerstände in den kleinen Arterien in das Spiel kam, lösten wir zunächst das Herz aus dem Zusammenhang, den es mit dem Hirn und dem Rückenmark besitzt. Zu diesem Ende wurden die beiden n. vagi durchschnitten, und die ggl. stellata nicht blos sorgfältig herauspräparirt, sondern auch der Brusttheil des sympathischen Grenzstrangs bis zur 2. Rippe hin vorsichtig entfernt. Die nach dem Tode mit Sorgfalt vorgenommene Zergliederung ergab, dass wir zweimal, unter den drei Versuchen, die wir überhaupt anstellten, unsere Absicht vollständig erreicht hatten. Alle jene Zweige, welche vom ggl. stellatum zum Herzen gehen, waren eben so wie das Letztere selbst herausgeschnitten gewesen. Als an diesen so vorbereiteten Thieren das centrale Ende des n. depressor tetanisirt wurde, sank der Druck in der Carotis auf 0,45, 0,32, 0,46, 0,70, 0,42 herab, mit einem Worte, die von dem gereizten n. depressor hervorgebrachte Wirkung hatte sich unverändert erhalten, obwohl die einzigen Wege zerstört waren, durch welche der Reflex von dem Gehirn zum Herzen hätte gelangen können. (X, XI, XII.)

Es war jedoch nicht allein das schlagende Ergebniss der vorstehenden Versuche, welches uns bewog, ihre Zahl nicht weiter zu vermehren. Noch eine andere Erscheinung giebt einen deutlichen Fingerzeig dafür, dass die Reizung des n. depressor auf die Schlagkraft des Herzens ohne Einfluss ist. Der niedrige Stand des Blutdrucks zur Zeit der genannten Reizung kann nämlich sehr bald auf einen höhern, dem normalen gleichen gebracht werden, wenn man den Blutzufluss zum Herzen beschleunigt. So genügt es z. B., den Unterleib vom Becken gegen die Leber hin mit der Hand kräftig zu streichen, um den Stand des Quecksilbers, welcher durch den gereizten n. depressor gesunken war, alsbald wieder, wenn auch vorübergehend, empor zu treiben. (III, XI*b*.) Andererseits tritt das Steigen des Blutdruks während der Reizung des n. depressor auch jedesmal ein, wenn die im Beginn der Curare-Vergiftung befindlichen Thiere in Krämpfe verfallen. (V*b*.) Diese Beobachtung steht dafür, dass das Herz mit ungeschwächter Kraft arbeitet, und dass

weder an der Zahl, noch an der Stärke der Impulse, die von ihm ausgehen, der Grund für die Druckerniedrigung gesucht werden darf.

Somit blieb nichts anderes übrig, als die Erniedrigung des Drucks von einer Verminderung der Widerstände abzuleiten. Um diesen Schluss noch durch positive Beweise zu unterstützen, wendeten wir uns zu einigen Versuchen am n. splanchnicus und den von ihm abhängenden Gefässprovinzen; warum wir gerade diese Wahl trafen, wird dem begreiflich sein, der sich erinnert, dass schon früher nachgewiesen wurde, einen wie grossen Einfluss auf den Blutdruck in der Aorta die Lähmung oder Erregung der Gefässnerven des Unterleibs gewinnt. Weil es sich hier aber um eine genauere Würdigung des n. splanchnicus für seine Bedeutung als Gefässnerven handelte, haben wir zunächst einige Versuche an ihm selbst angestellt, und da nach bekannten Erfahrungen der Zustand der Unterleibsgefässe schon durch die blosse Eröffnung der Unterleibshöhle eine wesentliche Aenderung erfährt, so musste auch ihr zunächst die Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Unmittelbar nachdem die Bauchhöhle an dem sonst unverwundeten Thiere durch einen ausgiebigen Schnitt in der linea alba eröffnet war, steigt der Blutdruck in der art. carotis sehr beträchtlich empor, und zugleich werden die Pulsschläge seltener. (XIII, XIV.) Diese Erhöhung des Blutdrucks ist jedoch nur vorübergehend; allmählig sinkt er ab, wenn die Bauchhöhle offen bleibt, und erreicht dann öfter einen Werth, welcher unterhalb des normalen ist. (XVII.) Dieses Absinken wird sehr beschleunigt, wenn man gleich nach Eröffnung der Unterleibshöhle einen der beiden n. splanchnici durchschneidet. Nach dieser Operation sinkt der Druck um 30—50 mm. unter den normalen. Fügt man darauf zur Verletzung des ersten auch noch die des zweiten n. splanchnicus, so sinkt der Druck zwar noch weiter herab, aber in viel geringerm Maasse, als nach der Dissection des ersten Nerven, es beträgt nämlich die zweite Senkung nur noch 8—10 mm.

Nimmt man dagegen, nachdem das Absinken des Drucks in Folge der Durchschneidung des einen Splanchnicus eingetreten ist, den peripherischen Stumpf des durchschnittenen Nerven zwischen die tetanisirenden Poldrähte, so steigt der Druck rasch und bedeutend empor und erlangt eine grössere Höhe, als sie vor der Durchschneidung des Nerven bestand. Dieses geschieht jedoch nur dann, wenn man den peripherischen Stumpf des durchschnittenen Nerven erregt. Aus der Reizung des centralen sahen wir (vielleicht nur zufällig?) keine Folgen für den Blutdruck hervorgehen. Diese Thatsachen lehren also, dass der n. splanchnicus diejenigen Fäden enthält, durch welche vorzugsweise jene Gefässe versorgt werden, welche für den Blutdruck bedeutungsvoll sind, und sie lehren nächstdem, dass die Reizung des genannten Nerven ähnliche Folgen bedingt, wie man sie aus der Compression der Aorta unmittelbar unter dem Zwerchfell schon von früher her kennt.

Nachdem dieses festgestellt war, unternahmen wir die Reizung des n. depressor an solchen Thieren, bei denen entweder die n. splanchnici durchschnitten waren, oder bei denen die Aorta sogleich unterhalb des Zwerchfells bis zum Verschluss ihrer Lichtung zusammengedrückt war. Die Ueberlegung, welche uns zu diesen Versuchen führte, war einfach die,

dass die Reizung des n. depressor entweder von gar keinen, oder von nur sehr geringen Folgen begleitet sein müsste, wenn seine Wirkung in der That darauf beruht, dass er auf reflectorischem Wege den Tonus der Arterienwandungen überhaupt, insbesondere aber den der Visceralarterien herabsetzt. Im ersteren Fall (nach Durchschneidung des n. splanchnicus) war dann das, was durch die Reizung des n. depressor herbeigeführt werden soll, im wesentlichen schon eingetreten, und im zweiten Fall (Compression der Aorta) konnte die Reizung des n. depressor natürlich nicht zur Wirkung auf die Unterleibsgefässe gelangen.

Nach beiden Richtungen hin hat der Versuch die Voraussetzung bestätigt. Der Reiz, welcher nach Durchschneidung eines n. splanchnicus auf den n. depressor trifft, bedingt zwar noch ein Absinken des Blutdrucks, aber dieses ist seinem absoluten Werthe nach viel geringer, als es vor Durchschneidung und Reizung der betreffenden Nerven eintrat, es beträgt etwa noch 10 bis 12 mm Quecksilber. Obwohl, nach absolutem Werthe gemessen, das Sinken des Drucks unbedeutend ist, so ist es doch relativ noch immer merklich; denn setzt man den Druck nach Durchschneidung des n. splanchnicus und vor der Reizung des n. depressor gleich 1,00, so ist der während der Reizung des n. depressor vorhandene Druck gleich 0,70 bis 0,65. (XV.) Daraus geht hervor, dass die Reizung des Nerven von grösserer Bedeutung ist, als die Durchschneidung eines n. splanchnicus. Die Reizung ist aber auch noch wirksam nach der Durchschneidung beider n. splanchnici, denn abermals erfolgt nach Ausführung dieser Operation durch die nun eingeleitete Reizung des n. depressor noch ein Sinken des Blutdrucks; dieses Letztere ist jedoch seinem proportionalen und absoluten Werth nach viel geringer, als es während der Reizung nach Durchscheidung nur eines n. splanchnicus eintritt. (XV b.) Immerhin zeigt aber diese Erscheinung, dass die reflectorische Wirkung des n. depressor über das Gebiet der Unterleibsgefässe hinausgeht.

Zu einem ähnlichen Schluss führt die Compression der Aorta. Auch nach Ausführung dieses Handgriffs sahen wir, dass die Reizung des n. depressor, absolut und relativ genommen, noch in beschränktem Maasse auf die Erniedrigung des Blutdrucks wirkte. In einem Falle sahen wir sogar die Erregung des n. depressor durch die Compression der Aorta vollkommen wirkungslos werden. (XVIII.) Gesetzt auch, wir wollten diesem vereinzelten Fall keine Geltung zuschreiben, so würde aus dem übrigen doch immer hervorgehen, dass der n. depressor in einer bevorzugten Beziehung zu den n. splanchnicis besteht. Die Compression der Aorta erzeugt einen so hohen Druck, dass wenn durch die Reizung unseres Nerven die noch offnen Arterien bedeutend erschlafft würden, durch sie ein sehr ausgiebiger Strom erfolgen müsste: demnach hätte unter dieser Voraussetzung durch Reizung des n. depressor mindestens eine bedeutendere absolute Herabsetzung des Drucks erfolgen müssen. Dieses war aber, wie wir sahen, nicht geschehen.

Den unmittelbarsten Beweis für die von uns vertretene Annahme über die Wirkung des n. depressor musste endlich die Betrachtung der Unterleibsorgane liefern. Wenn in den kleinen Arterien der genannten Gebilde der Widerstand beträchtlicher abnimmt, als in den entsprechen-

den Zuflüssen zu andern Organen, so war zu erwarten, dass sich in den Capillaren und Venen der Unterleibsorgane ein vermehrter Gehalt von Blut einfinden werde. Ob die Blutanhäufung aber gross genug werden würde, um für das blosse Auge schon deutlich hervorzutreten, muss freilich dahingestellt bleiben, da offenbar mit dem vermehrten Zufluss auch der Abfluss gewachsen ist. Wir zweifeln jedoch nicht, dass man in günstigen Fällen an den blossgelegten Schleimhautflächen des Magens und Dünndarms die Röthung gewahren werde, die wir in Folge der Reizung des n. depressor voraussetzen. Um den Einwendungen auszuweichen, welche man mit mehr oder weniger Recht den Versuchen an einem verstümmelten Organ machen könnte, haben wir lieber die Niere beobachtet. An ihr tritt nun auch in ganz unverfänglicher Weise mit der Reizung des n. depressor die Röthung ein, und sie verschwindet, wenn die Erregung des Nerven vorüber ist. Zu diesem sehr augenfälligen Versuch eignet sich jedoch die Niere nicht immer. Bekantlich wechselt der Tonus in den kleinen Arterien der Niere mit vielen und unbekannten Umständen in der mannichfachsten Weise, so dass die blossgelegte Niere bald tief- und bald blassroth anzusehen ist. Hat man eine Niere von der letztern Färbung vor sich, dann wird natürlich auch der Versuch, durch Reizung des n. depressor eine Farbenänderung hervorzurufen, vorzugsweise gelingen; und dies haben wir nun in der oben beschriebenen Weise wiederholt sich ereignen gesehen.

Gestützt auf die vorstehenden Entwickelungen und Thatsachen glauben wir uns zu dem Ausspruch berechtigt, dass der n. depresssor auf reflectorischem Wege den Tonus in den Gefässnerven herabzusetzen im Stande sei. Für die Lehre von den reflectorischen Hemmungen im Bereich der Gefässnerven giebt er den schlagendsten Versuch. Im Gegensatz zu den Beobachtungen Lovèns zeigt unser Nerv die Eigenthümlichkeit, den Reiz jedesmal, ohne dass eine Erhöhung des Tonus vorausgegangen, mit einer Erniedrigung desselben zu beantworten. In allen Thieren haben wir den Versuch gelingen sehen, so dass wir ihn für einen der sichersten Reizversuche halten müssen, der ebenbürtig zur Seite steht den entprechenden des Halsstammes vom n. vagus auf das Herz, der chorda tympani auf die Gefässe der gland. submaxillaris, des n. erigens auf das Schwellgewebe des männlichen Gliedes.

Ausser der Bedeutung, die die Reizung des n. depressor für die Lehre von den Nebenwirkungen gewinnt, ist dieselbe nicht minder bemerkenswerth für die Beurtheilung der Erscheinungen des Blutkreislaufes.

Zu den verschiedenen schon bekannten Vorgängen, durch welche die einzelnen Stücke des Cirkulationsapparates sich gegenseitig anpassen, trit hiermit ein neuer hinzu und gewiss kein unwichtiger, denn durch ihn vermag der wesentliche Motor des Blutlaufs die Widerstände zu regeln, die er selbst überwinden soll. In dieser Beziehung darf man, ohne voreilig zu sein, wohl aussprechen, dass das Herz, wenn es aus Mangel an Propulsivkräften oder aus übermässigem Zufluss überfüllt und in Folge davon gereizt wird, nicht blos seine Schlagzahlen ändern, sondern auch den seiner Entleerung entgegentretenden Widerstand herabsetzen wird.

Von den zahlreichen und neuen Fragen, welche in Folge dieser Anschauung sich erheben, haben wir bis dahin nur eine in Angriff nehmen

können; sie bezieht sich darauf, ob die Herzenden des n. depressor etwa in einer dauernden Erregung sind. Um hierüber Aufschluss zu erhalten, haben wir den Blutdruck in der art. carotis bestimmt und darauf beide n. depressores durchschnitten und einige Zeit nachher vom neuem den Blutdruck gemessen. Die Durchschneidung hatte, vorausgesetzt, dass die unmittelbaren Folgen der Verletzung vorüber waren, keine Veränderung des gemessenen Werthes zur Folge. (XIX).

Wir dürfen aber nicht schliessen, ohne einen dunklen Punkt zu berühren. Die unmittelbare Reizung des Herzens beschleunigt seine Schlagfolge, die Reizung des n. depressor, den man unter die sensiblen, beziehungsweise reflectorischen Nerven des Herzens zählen muss, bedingt an dem sonst unverstümmelten Thier eine Verminderung der Schlagzahlen. Wie ist dieser Widerspruch zu lösen? Hierauf wird der Versuch genügend antworten können, wenn die Lage der Herzenden des nerv. depressor, sei es auf anatomischem oder physiologischem Wege, ermittelt ist. —

1. Reizung des durchschnittenen n. depressor nach einander am peripherischen und am centralen Stumpf.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücke	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a. Ein n. vagus ausgeschnitten.					
Vor der Reizung	104	34	1,00	1,00	
Reizung am peripherischen Stumpf	104	34	1,00	1,00	
Reizung des centralen Stumpfes im Beginn	69	30	0,66	0,88	
Reizung des centralen Stumpfes später	55	39	0,52	1,14	
nach der Reizung im Beginn .	65	40	0,62	1,17	
nach der Reizung später . . .	72	38	0,70	1,12	
nach der Reizung später . . .	88	38	0,84	1,12	
b. Beide n. vagi durchschnitten.					
Reizung des n. depressor wie *a* auf der entgegengesetzten Seite.					
Vor der Reizung	101	46,5	1,00	1,00	
Reizung d. peripherisch. Stumpfes	101	46	1,00	1,00	
Reizung des centralen Stumpfes im Beginn	59	40	0,59	0,86	
Reizung des centralen Stumpfes später	49	39	0,49	0,84	
nach der Reizung	89	44,5	0,85	0,95	

II. Reizung des durchschnittenen n. depressor am vergifteten Thier.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücke	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a. Beide n. vagi unverletzt.					
Vor der Reizung	81	16	1,00	1,00	
Während der Reizung	40	10	0,49	0,62	
b.					
Vor der Reiznng	87	15	1,00	1,00	
Während der Reizung im Beginn	—	9,5	—	0,63	
Während der Reizung später .	61	9,75	0,71	0,63	
Während der Reizung verstärkt	59	9,5	0,70	0,63	
c. Beide n. vagi durchschnitten.					
Vor der Reizung.	84	19	1,00	1,00	
Während der Reizung	44	17	0,52	0,90	

III. Reizurg des undurchschnittenen n. depressor am unvergifteten Thier. Druck in der art. carotis. Ein n. vagus durchschnitten.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücke	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a.					
Vor der Reizung im Beginn . .	114	62	1,00	1,00	
Während der Reizung im Beginn	—	42	—	0,67	
Während d. Reizung später . .	82	48	0,72	0,77	
„ „ „ „ . .	71	37	0,62	0,60	
„ „ „ „ . .	76	46	0,66	0,74	
„ „ „ „ . .	79	55	0,69	0,89	
„ „ „ „ . .	108	—	0,94	—	Ein Zusammendrücken des Unterleibes.
„ „ „ „ . .	91	—	0,80	—	Wiederaufheben des Drucks.

IV. Reizung des n. depresssor am unvergifteten Thiere.

	Zahl der Pulse in der Zeiteinheit	Verhältnisszahlen der Pulse vor der Reizung = 100	Bemerkungen.
a. n. n. vagi unverletzt. Pulszählung durch das Federmanometer von Fick.			
Vor der Reizung	28	100	
Während der Reizung im Beginn	17	0,60	Der Druck erreicht sein Minim.

	Zahl der Pulse in der Zeiteinheit	Verhältnisszahlen der Pulse vor der Reizung = 100	Bemerkungen.
Während der Reizung später .	20	0,71	Der Druck bleibt wie oben.
Nach Ende d. Reizung im Beginn	27	0,96	
Nach Ende der Reizung später	21,5	0,77	Der Druck erreicht den Stand vor der Reizung.
Nach Ende der Reizung später	19,0	0,68	Der Druck bleibt unverändert.
b. Ein n. vagus durchschnitten.			
Vor der Reizung	21,5	1,00	
Während der Reizung im Beginn	13	0,64	Das Minimum des Druckes trat ein, als die Zahl der Pulse schon wieder im Steigen begriffen war.
Während der Reizung später .	16	0,74	

V. Ein vagus ausgeschnitten. Reizung des undurchschnittenen n. depressor.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücke	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a. Unvergiftetes Thier.					
Vor der Reizung	114	62	1,00	1,00	
Während der Reizung im Beginn	—	40	—	0,64	
Während d. Reizung später . .	47	60	0,41	0,97	
„ „ „ „ . .	42	57	0,37	0,92	
Nach der Reizung	90	75	0,80	1,21	
Nach der Reizung später. . .	114	66	1,00	1,06	
b. Schwache Vergiftung mit Curare. Künstliche Respiration.					
Vor der Reizung	177	57	1,00	1,00	
Während der Reizung. . . .	120	57	0,68	1,00	
Während d. Reizung später . .	157	67	0,88	1,17	Krämpfe des Thieres.
„ „ „ „ . .	128	57	0,72	1,00	Nachlass der Krämpfe.

VI. Beide n. vagi ausgeschnitten. Pulszählung durch das Federmanometer.

	Zahl der Pulse in der Zeiteinheit	Verhältnisszahlen der Pulse vor der Reizung = 100	Bemerkungen.
Vor der Reizung	103	1,00	
Während der Reizung. . . .	99	0,96	Der Druck erreicht sein Minimum.
Reizung beendet.	141	1,37	Der Druck steigt auf seinen früheren Werth.
Neue Reizung	145	1,40	Der Druck sinkt, aber nicht so tief wie während der ersten Reizung.

VII. Curare-Vergiftung. Beide n. vagi durchschnitten. Brusthöhle nicht eröffnet. Reizung der centralen Stümpfe des n. laryngeus sup. und des n. depressor.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücke	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a. Linke Seite.					
Vor der Reizung	114	—	1,00	—	
Während der Reizung des n. laryngeus	160	—	1,40	—	
Während der Reizung des n. depressor	71	—	0,62	—	
b. Rechte Seite.					
Vor der Reizung	97	—	1,00	—	
Während d. Reizung d. depressor	72	—	0,74	—	
Nach Beendigung der Reizung .	101	—	1,04	—	
c.					
Vor der Reizung	93	—	1,00	—	
Während der Reizung des laryngeus	158	—	1,70	—	Reizung auf mechanischem Wege.
Nach Endigung der Reizung. .	103	—	1,10	—	

VIII. Curare-Vergiftung; beide n. vagi durchschnitten.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücke	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a.					
Vor der Reizung der Nerven .	107	61,5 56 56	1,00	1,00	Die Verhältnisszahlen der Pulse beziehen sich auf den Mittelwerth aus den einzelnen Beobachtungen.
Während der Reizung des n. depressor	57	50 60,7 55 49	0,53	0,92	
b. Reizung am centralen Vagus-Stumpf unterhalb des Ursprungs vom n. depressor und am centralen Stumpf des n. depressor.					
Vor der Reizung	101	—	1,00	—	
Reizung des Vagus-Stumpfes .	127	—	1,25	—	
Reizung des n. depressor. . .	69	—	0,68	—	

IX. Curare-Vergiftung. Ein n. vagus durchschnitten, n. depressor am centralen Stumpf.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücke	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a. Künstliche Respiration bei geschlossenem Brustkasten.					
Vor der Reizung	114	47	1,00	1,00	
Während der Reizung. . . .	53	20	0,46	0,42	
b. Brustkasten geöffnet					
Vor der Reizung	87	—	1,00	—	
Während der Reizung. . . .	24	—	0,27	—	
Vor der Reizung	98	37	1,00	1,00	
Während der Reizung. . . .	34	13	0,34	0,35	

X. Curare-Vergiftung. Die beiden ggl. stellata bis auf einen Verbindungszweig zum Herzen vollständig zerstört. Reizung des centralen Stumpfes vom n. depressor.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücke	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a.					
Vor der Reizung	89	—	1,00	—	
Während der Reizung. . . .	40	—	0,45	—	
b.					
Vor der Reizung	91	—	1,00	—	
Während der Reizung. . . .	29	—	0,32	—	

XI. Beide n. vagi ausgeschnitten; ggl. stellata und der Grenzstrang des n. sympathicus bis zur zweiten Rippe vollständig zerstört. Curare-Vergiftung. Reizung am centralen Ende des n. depressor.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücke	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a.					
Vor der Reizung	105	22	1,00	1,00	
Während der Reizung. . . .	49	22	0,46	1,00	
b.					
Vor der Reizung	84	—	1,00	—	
Vor der Reizung	93	—	—	—	
Während der Reizung. . . .	59	—	0,70	—	
Während der Reizung später .	84	—	1,00	—	Zusammendrücken des Unterleibes.
Während der Reizung später .	59	—	0,70	—	Der Druck auf den Unterleib wird aufgehoben.

XII. Beide ggl. stellata und n. vagi ausgeschnitten, n. depressor am centralen Ende gereizt.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücke	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
Vor der Reizung	108	—	1,00	—	
Während der Reizung. . . .	46	22	0,42	—	
Nach der Reizung	120	22	1,11	—	

XIII. Aenderungen des Blutdrucks durch Eröffnung der Unterleibshöhle am übrigens unverletzten Thier.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücke	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a.					
Vor Eröffnung der Bauchhöhle .	114	—	—	—	
Unmittelbar nach Eröffnung. .	158	—	—	—	Vollständige Ruhe des Thieres.
Verschluss der aorta abd. . .	169	—	—	—	

XIV. Druck während der geöffneten Bauchhöhle.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücke	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a. Das Thier im Uebrigen unversehrt.					
Vor Eröffnung der Bauchhöhle .	89	28	—	—	
Sogleich nach Eröffnung der Bauchhöhle.	149	28	—	—	
Später nach Eröffnung der Bauchhöhle.	147	8(?)	—	—	
b. Curare-Vergiftung. Durchschneidung beider n. vagi. Eröffnung der Brusthöhle. Reizung des n. depressor am centralen Stumpf.					
Vor der Reizung	100	30	—	—	
Während der Reizung. . . .	68	33 30 29	—	—	

XV. Beide n. vagi durchschnitten und Durchschneidung des einen, dann des andern n. splanchnicus.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücke	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a. Ein n. splanchnicus durchschnitten, n. depressor gereizt.					
Vor der Reizung	39,5	54	1,00	1,00	
Während der Reizung des n. depressor	27,0	61	0,68	1,13	
b. n. splanchnicus gereizt oder Druck auf den Dünndarm.					
Vor der Reizung	41	64	1,00	1,00	
Während des Drucks im Beginn	50	68	1,22	1,06	
Während des Drucks später. .	57		1,39		
n. splanchnicus gereizt. . . .	115,5	76	2,80	1,18	
c. Durchschneidung des zweiten n. splanchnicus.					
Vor Reizung des n. depressor .	31,5	—	1,00	—	
Reizung des n. depressor. . .	29	—	0,92	—	

XVI. Ein n. splanchnicus und beide n. vagi durchschnitten. Reizung des n. depressor und eines n. splanchnicus.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücke	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a. Reizung des n. depressor ohne und mit Druck auf die art. aorta unterhalb der Nierenarterie.					
Vor der Reizung	44	100 102	1,00 —	— —	
Reizung des n. depressor ohne Compression der Aorta. . .	32	106	0,72	—	
Reizung des n. depressor mit Compression der Aorta. . .	32	—	0,72	—	
b. Reizung des n. splanchnicus in seinem Verlauf nach Durchschneidung desselben am centralen und peripherischen Stumpf.					
Vor der Reizung	50	—	1,00	—	
Reizung des n. splanchnicus vor Durchschneidung	88	—	1,76	—	
Reizung seines peripherischen Stumpfes	84	—	1,68	—	
Reizung seines centralen Stumpfes	50	—	1,00	—	

XVII. Curare-Vergiftung. Reizung des n. depressor bei gleichzeitigem Verschluss der aorta unmittelbar unterhalb des Zwerchfells.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücke	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
Bei offener Bauchhöhle im Beginn	87	—	—	—	
Bei offener Bauchhöhle später .	42	—	—	—	
Verschluss der aorta	—	10	—	—	
Verschluss der aorta dauernd .	143	22	1,00	1,00	
Reizung des n. depressor. . .	134	10	0,94	0,45	
Reizung beendigt; Druck auf die aorta fortdauernd.	146	24	—	—	
Aortendruck beendet	42	—	—	—	
Alsbald.	87	—	—	—	

XVIII. Der n. depressor gereizt, während die art. aorta unterhalb des Zwerchfells comprimirt wird.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücke	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
Ohne Compression und ohne Reizung.	47	20	—	—	
Compression ohne Reizung . .	105	16	—	—	
Compression mit Reizung. . .	105	14	—	—	
Ohne Compression mit Reizung.	38	20	—	—	
Ohne Compression ohne Reizung	47	18	—	—	

XIX. Pulszahl und Blutdruck vor, unmittelbar nach, und einige Zeit nach der Durchschneidung beider n. depressores.

	Druck in M. M. Hg.	Pulszahl in d. Zeiteinheit	Verhältnisszahl der Drücke	Verhältnisszahl der Pulse	Bemerkungen.
a.					
Vor Durchschneidung beider. .	97	—	—	—	
Gleich nach Durchschneidung des linken depressor	70	75	—	—	
Einige Minuten später. . . .	93	75	—	—	
b.					
Vor Durchschneidung d. rechten n. depressor	103	—	—	—	
Unmittelbar danach	78	64	—	—	
Alsbald darauf	103	68	—	—	
10 Minuten später	88	—	—	—	

3*). Ueber die Innervation des Herzens vom Rückenmarke aus.

(Centralblatt für medicinische Wissenschaften No. 51, 1866.)

Bekanntlich haben Ludwig und Thiry durch Versuche festgestellt, dass die von Bezold bei Reizung des Rückenmarks beobachtete Vermehrung der Schlagzahl des Herzens ihre Erklärung auch in der durch diese Reizung veranlassten Blutdrucksteigerung finden könne. Da dieselben aber in einigen Fällen nach Zerstörung der Herznerven und Reizung des Rückenmarks auch eine Verlangsamung der Herzschläge beobachtet haben, so liessen sie in ihrer der Wiener Akademie gemachten Mittheilung noch die Frage offen, ob ausser der Blutdrucksteigerung nicht noch andere Einflüsse bei diesen Versuchen beschleunigend auf den Herzschlag einwirken können. In der letzten Zeit wurde von Pokrowsky die Richtigkeit der von den genannten Physiologen gemachten Beobachtungen bestritten und behauptet, dass Blutdrucksteigerung immer nur Verlangsamung der Herzschläge, Reizung des Rückenmarks dagegen immer Beschleunigung derselben veranlasse.

Wir stellten daher im physiologischen Laboratorium des Herrn Professor du Bois-Reymond eine Reihe von Versuchen an zur Entscheidung folgender zwei Fragen:

1) Welchen Einfluss übt die Blutdrucksteigerung auf die Zahl der Herzschläge aus, und im Falle die Entscheidung dieser ersten Frage in Uebereinstimmung mit den Angaben von Ludwig und Thiry ausfallen sollte — 2) ob die Rückenmarksreizung auch unabhängig von der Erhöhung des Blutdrucks eine Beschleunigung der Herzschläge zu veranlassen im Stande sei. — Eine grosse Anzahl von Versuchen mit Zuschliessen der Aorta angestellt an mit Curare vergifteten Kaninchen gaben uns folgende Resultate:

1. In der weitaus grössten Mehrzahl tritt bei diesen Versuchen gleichzeitig mit der eintretenden Steigerung des Blutdrucks eine beträchtliche Zunahme der Schlagzahl des Herzens ein.

2. In selteneren Fällen, besonders bei mehrmaliger Wiederholung dieses Versuches an demselben Thiere, erfolgt auf Steigerung des Drucks ein Gleichbleiben oder sogar eine Verminderung der Schlagzahl. Durchschneidungen der Vagi, der Nn. depressores (Vaguszweige, die, nach Untersuchungen von Ludwig gemeinschaftlich mit E. Cyon, Regulatoren des Blutdrucks sind) und Sympathici hat keinen constanten Einfluss auf Eintreten dieser oder jener Reaction der Schlagzahl auf die Steigerung des Blutdruckes. Dagegen scheint die Leistungsfähigkeit des Herzens von entschiedenem Belang dabei zu sein, indem der Erfolg ad 2 meistens dann eintritt, wenn dieselbe bereits herabgesetzt ist. So würde auch der Irrthum Pokrowsky's, der meistens an mit Kohlenoxydgas vergifteten Thieren experimentirte, sich leicht erklären. Zu solchen Versuchen eignen sich übrigens nur mit Curare vergiftete Thiere, da Krämpfe und sonstige Störungen leicht die Resultate trüben können. Die Erklärung der Differenz in den Versuchen ad 1 und 2 gehörte übrigens nicht zu unserer jetzigen Aufgabe, indem für uns nur wichtig war zu constatiren,

*) Gemeinschaftlich mit M. Cyon.

dass die von Ludwig und Thiry gegebene Deutung der Bezold'schen Versuche vollständig berechtigt war und wir also zur Entscheidung der zweiten Frage schreiten konnten.

Die Frage, ob die Rückenmarksreizung auch unabhängig von der Steigerung des Blutdruckes eine Beschleunigung der Herzschläge veranlassen könne, konnte zur definitiven Entscheidung nur dadurch gelangen, dass man ein Mittel findet, die bei der Reizung des Rückenmarkes eintretende Blutdrucksteigerung zu vermeiden. — Wir hofften dies durch Durchschneidung der beiden Nn. splanchnici in der Bauchhöhle zu erlangen, da, wie Ludwig und der eine von uns (E. Cyon) anderweitig gefunden haben, die Splanchnici die Hauptgefässnerven des Körpers sind, indem bei deren Durchschneidung der Blutdruck auf ein Minimum sinkt; bei Reizung der peripherischen Enden der Splanchnici erlangt er die frühere Höhe.

Die Versuche mit Reizungen des Rückenmarks vor und nach Durchschneidung der Splanchnici wurden ebenso wie die oben mitgetheilten am Ludwig'schen Kymographion angestellt, die Zahl der Herzschläge wurde hier ebenso wie dort ausser mittelst des Kymographions noch mittelst des Stethoscops, der Middeldorpff'schen Nadel und der Palpation, von jedem von uns nacheinander, direct bestimmt.

Wir theilen hier kurz die Resultate mit, die wir bei Rückenmarksreizungen vor und nach der Durchschneidung der Splanchnici erhalten haben:

a) Reizung des Halstheils des zwischen Occiput und Atlas durchtrennten Rückenmarkes bewirkt bei der Durchschneidung der beiden Splanchnici (die Vagi, Depressores und Sympathici waren immer zu Anfang des Versuches beiderseits durchschnitten) eine beträchtliche Zunahme der Schlagzahl ohne gleichzeitige Steigerung des Blutdruckes.

b) Die während dieser Zunahme der Schlagzahl vom Herzen geleistete Arbeit wird nicht vergrössert; in einigen Fällen fand sogar eine unbedeutende Abnahme derselben statt.

c) Zuschliessen der Aorta bei durchschnittenen Splanchnici bewirkt eine unbedeutendere Steigerung des Druckes in der Carotis als bei Intactheit dieser Nerven; die Schlagzahl nimmt aber auch bei dieser Steigerung in den meisten Fällen zu.

d) Wird bei diesem Zuschliessen der Aorta das Rückenmark gereizt, so tritt in den meisten Fällen keine noch bedeutendere Zunahme der Schlagzahl hinzu; in den selteneren Fällen, wo bei diesem Schluss der Aorta die Schlagzahl sich nicht vermehrt, tritt eine sehr beträchtliche Zunahme derselben bei gleichzeitiger Reizung des Rückenmarks ein und zwar ist diese Zunahme bei demselben Thiere beträchtlicher bei gleichzeitigem Schluss der Aorta und Blutdrucksteigerung als ohne dieselben.

e) Sind sämmtliche vom Rückenmarke ausgehende Herznerven durch Exstirpation der Ganglion thoracicum supremum vom Herzen getrennt, dann ruft bei undurchschnittenen Nn. splanchnici die Reizung des Rückenmarkes eine ebenso beträchtliche Steigerung des Druckes, begleitet von einer Zunahme der Schlagzahl, hervor, wie bei intacten Herznerven (also Uebereinstimmung mit dem, was Ludwig und Thiry bei galvanocaustischer Zerstörung der Herznerven beobachtet haben). Durchtrennt man

nun die Splanchnici, dann tritt bei Reizung des Rückenmarkes weder eine Beschleunigung der Herzschläge noch eine Steigerung des Blutdruckes ein.

f) Wird die Reizung des Rückenmarkes in den Versuchen ad a und e längere Zeit fortgesetzt, dann tritt eine unbedeutende Steigerung des Blutdruckes (um 1 2 mm.) ein. Das gleichnamige Eintreten dieses Erfolges in den Versuchen ad a und e beweist dessen Unabhängigkeit von der Zunahme der Schlagzahl, also von der Erregung der Herznerven. Er muss also abhängen von einer Reizung einiger unbedeutender Gefässnerven, die unterhalb der Durchtrennungsstelle der Splanchnici vom Rückenmarke ausgehen.

g) Man ist aus der ad f mitgetheilten Thatsache nicht berechtigt zu schliessen, dass beim normalen Kreislauf die durch Reizung der Herznerven veranlasste Beschleunigung der Herzschläge auch nicht von einer unbedeutenden Steigerung des Blutdruckes begleitet sein kann. A priori lässt sich freilich die Nothwendigkeit nicht einsehen, dass bei Thieren (besonders durch Curare gelähmten) eine Zunahme der Schlagzahl an sich schon eine Steigerung des Druckes veranlassen müsse.

Aus allen hier mitgetheilten Versuchen folgt also, dass die von Bezold bei Reizung des Rückenmarkes beobachtete Beschleunigung der Herzschläge die Folge von zwei getrennten Vorgängen ist: erstens von der Reizung der Herznerven, und zweitens von dem bei dieser Reizung durch die eintretende Contraction der kleinen Gefässe gesteigerten Blutdruck. Aus e folgt, dass die in den Bezold'schen Versuchen eintretende Blutdrucksteigerung unabhängig von der Reizung der Herznerven ist.

Der durch die angeführten Versuche unzweifelhaft festgestellte Einfluss der vom Rückenmark ausgehenden Herznerven auf die Schlagzahl des Herzens lässt unseres Erachtens nur zwei Erklärungen zu: entweder diese Nerven endigen in den Muskeln des Herzens und sind einfache motorische Nerven desselben oder sie endigen in den motorischen Herzganglien und dienen zur Uebertragung erregender Impulse von dem Gehirn aus auf diese Ganglien; diese Impulse würden sich also summiren mit den normalen im Herzen selbst stattfindenden Erregungen; mit andern Worten, diese Nerven haben nur die Aufgabe, die Erregbarkeit der motorischen Ganglien zu erhöhen. Die erste Annahme ist aus vielen, bei näherer Betrachtung der mitgetheilten Versuche, einleuchtenden Gründen sehr unwahrscheinlich. Eine nähere Begründung dieser Unwahrscheinlichkeit wird sich in der ausführlichen Mittheilung dieser Versuche, die nächstens im Archive von du Bois-Reymond und Reichert erscheinen wird, befinden.

Diese Frage kann übrigens nur durch directe Reizversuche an den Herznerven selbst einer positiven Entscheidung entgegengeführt werden. Solche Versuche, denen sich übrigens die grössten anatomischen Schwierigkeiten entgegenstellen, werden auch darüber entscheiden, ob dieselbe Function allen vom Rückenmarke aus durch das Ganglion thoracicum supremum zum Herzen gehenden Nerven gleichmässig zukomme. Die Anstellung dieser Versuche, die auch den ad g unentschieden gelassenen Punkt beleuchten müssen, wird auch unsere nächste Aufgabe sein.

Berlin, den 17. November 1866.

4*). Ueber die Innervation des Herzens vom Rückenmarke aus.

(Archiv von du Bois-Reymond und Reichert. 1867.)

Da die Frage über den Einfluss des Rückenmarkes auf die Schlagzahl des Herzens durch die hier mitzutheilenden Untersuchungen einer positiven Lösung entgegengeführt wurde, so halten wir es für nothwendig, in Kurzem das Historische derselben vorauszuschicken, und zwar vorzugsweise deswegen, um den Verdiensten der uns auf diesem Gebiete vorausgegangenen Forscher Gerechtigkeit widerfahren zu lassen. Wir werden uns aber damit begnügen müssen, nur die Forscher dieses Jahrhunderts zu erwähnen, da nur in diesem Jahrhundert diese Frage einer experimentellen Untersuchung unterworfen wurde, obgleich die Frage, ob das Rückenmark die Zahl der Herzschläge beeinflussen könne, schon seit Hippokrates und Galen mehrfach von den Aerzten ventilirt wurde. Der Erste, welcher die experimentelle Entscheidung dieser Frage versucht hat, war Le Gallois. Seine Versuche bestanden hauptsächlich in der Eruirung des Einflusses, welchen die Zerstörung verschiedener Rückenmarkspartien auf die Kraft des Herzschlages auszuüben vermag. Auf die Veränderung in dieser Kraft selbst schloss er aus dem Weiter- und Engerwerden der Gefässe, aus der Stärke der Blutung durchschnittener Gefässe und aus der Farbe des Blutes. Durch eine grosse Reihe solcher Versuche, welche ergaben, dass eine Zerstörung des Rückenmarkes ein ziemlich schnelles Absterben des Herzens veranlasste, glaubte sich Le Gallois zu dem Schlusse berechtigt, dass das Herz das Princip seiner Thätigkeit aus dem Rückenmarke erhalte. Die Mängel seiner übrigens sehr geistreichen Versuche sind leicht einzusehen. Abgesehen von seiner Unkenntniss der Vaguswirkung sind seine Versuche auch darum nicht beweisend, weil er an den Veränderungen des Kreislaufes die Veränderungen der Herzkraft studiren wollte. Merkwürdig genug, dass bis auf uns kein einziger Forscher, welcher die Abhängigkeit des Herzens vom Rückenmarke beweisen wollte, dem ebenerwähnten Fehler entgangen ist, welcher auch die Klippe war, an der sämmtliche Bemühungen zur Lösung dieser Frage immer scheiterten. Ungeachtet der Fehler in den Versuchsmethoden Le Gallois' hat doch seine Arbeit das unzweifelhafte Verdienst, die seit Haller bei den Aerzten vorherrschende Ueberzeugung von der vollständigen Unabhängigkeit der Herzthätigkeit vom Centralnervensystem erschüttert zu haben. Nach dem Bekanntwerden der Le Gallois'schen Versuche theilten sich die Aerzte in zwei Lager; die meisten stellten sich dabei auf die Seite von Le Gallois, während die Uebrigen die Sache weder in dem Le Gallois'schen noch Haller'schen Sinne für vollständig entschieden hielten. Am heftigsten wurde des Ersteren Ansicht von Wilson Philipp angegriffen; er stellte den Versuchen von Le Gallois andere gegenüber, deren Ergebnisse aber nach unserem jetzigen Wissen unmöglich der Art sein konnten, wie sie Wilson Philipp mitgetheilt hat. Er behauptete nämlich, bei Thieren durch Exstirpation des Gehirns und Rückenmarkes und bei Einleitung künstlicher

*) Gemeinschaftlich mit M. Cyon.

Respiration weder im Kreislauf noch in den Herzbewegungen eine Alteration veranlasst zu haben!! Später stellte er noch Versuche mit chemischer Reizung des Rückenmarkes an; bei Anwendung der einen Art chemischer Reizmittel beobachtete er einen beschleunigenden, bei anderen aber einen verlangsamenden Einfluss auf den Herzschlag. Durch diese Versuche gelangte er also zu denselben Schlüssen wie Le Gallois. Sein ganzer Angriff auf den letzteren schien also nur darauf berechnet zu sein, diesem sein Verdienst um die Lösung dieser Frage zu rauben und sich dasselbe anzueignen. Ein ähnlicher Angriff auch gegen Le Gallois wurde unlängst auch von anderer Seite und zwar von Professor v. Bezold ausgeführt. In seinem Buche über die Innervation des Herzens tadelt er mit einer grenzenlosen Heftigkeit die Versuche von Le Gallois; er versteigt sich in seiner Heftigkeit so weit, die Commission der Pariser Akademie (bestehend aus v. Humboldt, Percy und Hallé), welche, mit der Controle der Le Gallois'schen Versuche beauftragt, dieselben bestätigt und belobt hat, für „kopflos" zu erklären. Dagegen citirt er mit besonderer Vorliebe und Ausführlichkeit die Einwände Wilson Philipp's gegen Le Gallois, die, wie wir gesehen haben, unmöglich richtig sein konnten, und wenn sie richtig wären, noch mehr gegen seine eigenen als gegen jene Versuche sprechen würden. Wie wir unten sehen werden, sind nicht nur die v. Bezold'schen Versuche fehlerhafter als die Le Gallois'schen, sondern auch seine Schlüsse, wenn auch im Allgemeinen mit den Le Gallois'schen übereinstimmend, so doch in der Auffassung unrichtiger.

Um zu Wilson Philipp zurückzukehren, so muss man ihm doch das Verdienst lassen, dass er zuerst zur Entscheidung der Frage über den Einfluss des Rückenmarkes auf die Herzbewegungen Reizungen des Rückenmarkes machte. Von den aus damaliger Zeit experimentell begründeten Ansichten über diese Frage sind noch die von Flourens, die auch von Le Gallois getheilt wurden, von besonderem Interesse. Flourens gelangte nämlich durch seine Versuche zu dem Schlusse, dass das Rückenmark einen doppelten Einfluss auf den Kreislauf ausübe, einen allgemeinen durch das Herz und einen besonderen auf die verschiedenen Gebiete des Kreislaufes, die von besonderen Partien des Rückenmarkes beherrscht werden. Wir werden unten sehen, dass diese Auffassung in ihren Grundzügen die richtige ist.

Seit den Versuchen von Le Gallois und Wilson Philipp waren, wie gesagt, die Ansichten der Physiologen über diese Frage getheilt. Die Meisten waren der Ansicht, dass das Rückenmark und der Sympathicus einen directen Einfluss auf das Herz auszuüben vermögen, und zwar sollte nach denselben dieser Einfluss darin bestehen, dass der Halssympathicus motorische Impulse vom Rückenmarke auf das Herz überträge.

In der letzten Zeit hat v. Bezold eine grössere Reihe von Versuchen angestellt, die die Innervation des Herzens zum Gegenstande hatten. Wir wollen uns nur mit denjenigen derselben beschäftigen, die in directer Beziehung zu unserer Frage stehen. Die irrthümlichen Schlüsse, welche v. Bezold aus der Reizung des Halssympathicus auf den motorischen Einfluss dieses Nerven auf das Herz zog, finden ihre Erklärung hauptsächlich darin, dass er bei der Reizung des Sympathicus einen anderen

Nerven mitgereizt hat, dessen Reizung am centralen Ende, wie Ludwig und E. Cyon gefunden haben (Sitzungsberichte der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften, 30. October 1866), ein Sinken des Druckes in den grossen Gefässen und eine Verlangsamung der Herzschläge hervorruft. Reizung des Halssympathicus allein hat, wie schon Ludwig angegeben hat, keinen Einfluss auf die Zahl der Herzschläge.

Durch eine zweite Reihe von Reizversuchen am Rückenmarke selbst glaubte sich v. Bezold zu dem Schlusse berechtigt, dass im Rückenmarke sich ein excitomotorisches Centrum für das Herz befinde. Die Beobachtungen, auf die er vorzugsweise seinen Schluss gründet, sind: 1) Beschleunigung der Herzschläge gleichzeitig mit enormer Erhöhung des Blutdruckes bei Reizung des Cervicaltheiles des Rückenmarkes und 2) Sinken des Blutdruckes und der Schlagzahl bei Durchschneidung des Rückenmarkes in der Höhe des Atlas. Eine wenn auch geringere Beschleunigung der Herzschläge beobachtete v. Bezold auch bei Reizung anderer Rückenmarkspartien. v. Bezold gelangt also zu denselben Resultaten, wie Le Gallois. Der Unterschied in den verschiedenen Versuchsmethoden dieser beiden Forscher bestand nur darin, dass v. Bezold die Messung des Blutdruckes am Manometer gemacht hat, während Le Gallois auf die Schwankung des Blutdruckes aus der Stärke der Blutung an amputirten Gliedern schloss. Insofern auch v. Bezold bei seinen Versuchen aus der Erhöhung des Blutdruckes auf die Zunahme der motorischen Kraft des Herzens schloss, beging er denselben Fehler, den wir oben oben bei Le Gallois gerügt haben. Er befindet sich in dieser Hinsicht noch insofern im Nachtheil gegen Le Gallois, als er doch genaue Messungen der Veränderung des Blutdruckes bei Reizung des Rückenmarkes machte. Das blosse Ansehen der Curve, die die colossale Steigerung des Blutdruckes bei Reizung des Rückenmarkes darstellt, sollte schon genügen, jeden unbefangenen Forscher davon zu überzeugen, dass diese Veränderung unmöglich von einer Zunahme der Herzkraft abhängig sein könne. Durch die blosse Anwendung des Manometers hat also v. Bezold die Le Gallois'schen Resultate nicht nur nicht näher begründet, sondern dieselben im Gegentheil an Wahrscheinlichkeit noch Einbusse erleiden lassen. Um so ungerechtfertigter erscheinen seine Angriffe gegen Le Gallois, und um so weniger hat er das Recht, sich selbst als den Entdecker des vermeintlichen Einflusses, der vom Rückenmarke auf das Herz ausgeübt wird, zu geriren. Wenn bei einer Thatsache, wie die vorliegende, welche schon seit Jahrtausenden angenommen und wieder bestritten worden ist, von einer Entdeckung derselben überhaupt die Rede sein könnte, so würde die Ehre derselben Le Gallois gehören und von allen Forschern am wenigsten Herrn v. Bezold. Das Vorhandensein dieses Einflusses hat keiner von Beiden, überhaupt Niemand bis auf uns nachgewiesen.

Wie zu erwarten, haben sich sogleich nach dem Erscheinen der Bezold'schen Arbeit Einwände gegen dieselbe und zwar wegen des erwähnten Fehlers erhoben. In einer Reihe höchst geistreicher Versuche wiesen Ludwig und Thiry*) nach, dass die Beschleunigung der Herzschläge, die v. Bezold bei der Reizung des Rückenmarkes beobachtet hat,

*) Ludwig und Thiry, Wiener Sitzungsberichte, 49. Bd. 1864.

ihren Grund in der bei dieser Reizung eintretenden Druckerhöhung, als Folge der Contraction der kleinen Gefässe, haben kann. Nach diesen Forschern war in den erwähnten Versuchen die Druckerhöhung in den grossen Gefässen nur Folge der Reizung des Gefässnervensystems im Rückenmarke. Die Beschleunigung der Schlagzahl war ihrer Ansicht nach nur die Reaction des Herzens auf die Vergrösserung des Widerstandes im Kreislauf. Ludwig und Thiry stützten diese Ansicht darauf, dass sie bei Reizung des Rückenmarkes auch dann noch dieselbe Beschleunigung der Herzschläge und Erhöhung des Blutdruckes beobachteten, wenn sie vorher auf galvanocaustischem Wege die vom Rückenmarke ausgehenden Herznerven zerstört hatten, oder wenn sie die Widerstände im Kreislauf durch Zuklemmen der Aorta abdominalis hervorriefen. Durch diese glänzende Widerlegung der v. Bezold'schen Arbeit, von deren Richtigkeit sich v. Bezold persönlich in Wien überzeugt hat, wurde das Vorhandensein von einem motorischen Rückenmarkscentrum für die Herzbewegungen unwahrscheinlicher als je zuvor, und das um so mehr, als die Einwände Ludwig's und Thiry's auch auf die Versuche von Le Gallois und Wilson Philipp Bezug haben konnten. Obgleich Ludwig und Thiry in einigen Fällen von Reizung des Rückenmarkes nach vorheriger Zerstörung der Herznerven trotz der bedeutenden Drucksteigerung auch eine Verlangsamung der Herzschläge beobachtet haben und ausdrücklich bei der Auseinandersetzung dieser selteneren Fälle die Frage offen liessen, ob nicht ausser der Drucksteigerung noch andere Einflüsse bei Reizung des Rückenmarkes beschleunigend auf das Herz einwirken könnten, so ist doch dieser Frage bis jetzt keine weitere Aufmerksamkeit geschenkt worden, und zwar aus zwei Gründen: 1) weil eine directe Reizung der betreffenden Herznerven ihrer anatomischen Lage wegen die grössten Schwierigkeiten darbieten musste, und 2) weil keine Möglichkeit da war, bei Reizung des Rückenmarkes dessen Wirkung auf das Gefässsystem auszuschliessen.

In letzterer Zeit hat sich Herr Pokrowsky insofern gegen diese Angaben von Ludwig und Thiry ausgesprochen, als er vorgab, bei der Druckerhöhung in Folge von Zuklemmen der Aorta immer eine Verlangsamung der Herzschläge, bei Reizung des Rückenmarkes dagegen immer eine Beschleunigung beobachtet zu haben. Die Unrichtigkeit der ersten Angabe von Pokrowsky, welche wahrscheinlich dadurch entstanden ist, dass er meistens an nicht mit Curare vergifteten Thieren experimentirte, nahm auch der zweiten ihre Beweiskraft vollständig weg.

Da es von grossem Interesse war, die oben erwähnte, von Ludwig und Thiry offen gelassene Frage einer Entscheidung entgegen zu führen, so unternahmen wir in dem Laboratorium des Herrn Prof. du Bois-Reymond zu diesem Zwecke eine Reihe von Versuchen. Wir ergreifen hierbei gerne die Gelegenheit, dem Herrn Prof. du Bois-Reymond dafür unseren Dank auszusprechen. Einige neue Thatsachen, die über die Innervation des Herzens und der Gefässe in dem Zwischenraume zwischen den Ludwig-Thiry'schen und unseren Arbeiten gewonnen wurden, bekräftigten die Hoffnung auf die Möglichkeit einer solchen Entscheidung. Unter diesen Thatsachen waren vorzugsweise zwei dazu angethan, ein neues Licht auf die uns interessirende Frage zu werfen. Ludwig und E. Cyon haben einen neuen Herznerven auf seine Functionen untersucht und in

demselben einen Regulator des Blutdruckes gefunden. Dieser Nerv, ein gleich unter dem Abgange des Laryngeus superior abtretender Zweig des Vagus, verläuft gewöhnlich in einer gemeinschaftlichen Scheide mit dem Halssympathicus bis zum letzten Halsganglion und tritt von da an ganz getrennt von den übrigen Herznerven zum Herzen. Die Reizung dieses sensiblen Herznerven am centralen Stumpfe bewirkt ein Sinken des Blutdruckes in den grossen Gefässen und eine Verlangsamung der Herzschläge; das Sinken des Blutdruckes in diesem Falle hängt von einer Aufhebung des Tonus der kleinen Gefässe, die Verlangsamung der Herzschläge von einer centralen Erregung der Vagi ab. Der Gedanke lag nahe, dass die Kenntniss der Function dieses Nerven dazu beitragen konnte, die Widersprüche, welche über den Einfluss des erhöhten Blutdruckes auf die Schlagzahl existirten, zu lösen.

Die zweite Thatsache, die von entscheidendem Einflusse auf die Lösung der vorliegenden Frage war, ist die von denselben Forschern gefundene, dass die Nervi splanchnici die Hauptgefässnerven des thierischen Organismus sind. Da wir die Kenntniss dieser Thatsachen zur Lösung unserer Frage benutzten, und derselben auch das Gelingen unserer Versuche verdanken, so halten wir es für nothwendig, wörtlich die Angaben von Ludwig und von E. Cyon über die Function dieser Nerven hier anzuführen und das um so mehr, als sie dazu dienen werden, die unten mitzutheilenden Veränderungen des Blutdruckes bei Eröffnung der Bauchhöhle und Durchschneidung der Splanchnici verständlich zu machen.

„Unmittelbar nachdem die Bauchhöhle an dem sonst unverwundeten Thiere durch einen ausgiebigen Schnitt in der Linea alba eröffnet war, steigt der Blutdruck in der Arteria carotis sehr beträchtlich empor und zugleich werden die Pulsschläge seltener. Diese Erhöhung des Blutdruckes ist jedoch nur vorübergehend; allmählich sinkt er ab, wenn die Bauchhöhle offen bleibt, und erreicht dann öfter einen Werth, welcher unterhalb des normalen ist. Dieses Absinken wird sehr beschleunigt, wenn man gleich nach Eröffnung der Unterleibshöhle einen der beiden Nervi splanchnici durchschneidet. Nach dieser Operation sinkt der Druck um 30 bis 50 Mm. unter den normalen. Fügt man darauf zur Verletzung des ersteren auch noch die des zweiten Nervus splanchnicus, so sinkt der Druck zwar noch weiter herab, aber in viel geringerem Maasse, als nach der Dissection des ersten Nerven, es beträgt nämlich die zweite Senkung nur noch 8—10 Mm.

Nimmt man dagegen, nachdem das Absinken des Druckes in Folge der Durchschneidung des einen Splanchnicus eingetreten ist, den peripherischen Stumpf des durchschnittenen Nerven zwischen die tetanisirenden Poldrähte, so steigt der Druck rasch und bedeutend empor und erlangt eine grössere Höhe, als sie vor der Durchschneidung des Nerven bestand. Dieses geschieht jedoch nur dann, wenn man den peripherischen Stumpf des durchschnittenen Nerven erregt*)."

*) Nachdem in unserer vorläufigen Mittheilung über diese Arbeit, in No. 51 des Centralblattes, diese Wirkung der Splanchnici beiläufig mitgetheilt worden war, veröffentlichte v. Bezold in No. 53 derselben Zeitschrift einige Versuche über die Wirkung der Nervi splanchnici auf den Blutdruck, welche in den Resultaten mit den oben von mir und Ludwig mitgetheilten fast vollständig identisch sind. v. Bezold behauptet in der

Wie wir oben gesehen haben, scheiterten die Versuche, die uns interessirende Frage zu entscheiden, daran, dass die bei Reizungen resp. Zerschneidungen und Zerstörungen des Rückenmarkes eintretenden Veränderungen im Kreislauf schon an sich so bedeutende Aenderungen in der Schlagzahl selbst bedingten, dass man nicht im Stande war, zu entscheiden, ob nicht ausserdem noch das Rückenmark einen directen Einfluss auf die Schlagzahl auszuüben im Stande sei. Die Lösung der betreffenden Frage würde also bedeutend erleichtert werden, wenn es gelänge, bei den Versuchen über das Rückenmark die Einwirkung auf das Gefässnervensystem auszuschliessen. Wenn auch zur Feststellung der Existenz motorischer Herznerven directe Reizung dieser Nerven vorgenommen werden musste, so musste doch noch vorher bestimmt werden, ob das Rückenmark überhaupt einen Einfluss auf die Schlagzahl auszuüben vermag, da eine negative Beantwortung dieser Frage den directen Reizversuchen der Herznerven eine andere Richtung geben resp. deren Bedeutung bedeutend vermindern konnte. Unsere Hoffnung, bei Reizung des Rückenmarkes die Veränderungen im Kreislauf zu eliminiren, stützte sich auf die oben auseinandergesetzte Function der Nervi splanchnici. Man konnte voraussetzen, dass nach Durchtrennung dieser Nerven Reizung des Rückenmarkes nicht mehr im Stande sein wird, irgend welche bedeutende Veränderungen des Blutdruckes (ausser etwa durch Vermittelung der Herznerven) auszuüben.

Ehe wir aber zur Reizung des Rückenmarkes bei durchschnittenen Splanchnicis übergehen konnten, war es nothwendig, den Widerspruch zwischen den Ludwig-Thiry'schen Angaben und denen Marey's und Pokrowsky's über den Einfluss der Drucksteigerung auf die Schlagzahl des Herzens zu beseitigen. Wir unternahmen daher eine Reihe von Versuchen über den Einfluss der Druckerhöhung auf die Zahl der Herzschläge, wobei wir die Druckerhöhung durch Zuklemmen der Aorta abdominalis vor Abgang der Nierenarterie bewirkten. Zur Messung des Blutdruckes gebrauchten wir ein Ludwig'sches Manometer, das von dem gewöhnlich gebrauchten etwas abwich. Wir modificirten nämlich das von Sauerwald angefertigte Manometer insofern, als wir das Metallstück mit dem T-förmigen Hahn, welches sich bei diesem Manometer am Anfange des Bleirohres befindet, an das Ende desselben anbrachten und zwar so, dass es gleichzeitig zur Befestigung dieser Röhre an das Glasmanometer diente. Die in der Röhre befindliche Oeffnung, die zur Austreibung der Luft dient und mit einem Messingknöpfchen verschlossen wird, wurde weggelassen und durch eine im Hahne selbst befindliche ersetzt. Durch diese Ver-

---

Mittheilung, dass er seine Resultate, ohne von den unserigen Kenntniss zu haben, Mitte October vorigen Jahres erhalten habe. Für das Geschichtliche dieser Frage wird es nicht uninteressant sein, zu bemerken, dass die Versuche, welche ich mit Ludwig über dieselbe angestellt habe, schon im Juli desselben Jahres zum Abschlusse gelangt waren. Zwar hat v. Bezold schon früher versucht, die Wirkung der Splanchnici auf den Blutdruck festzustellen, aber seine Versuche misslangen ihm, weil er, wie er behauptet, von der Bauchhöhle aus die Wirkung dieser Nerven eruiren wollte. Aus den oben angeführten Worten ersieht man, dass wir auch von der Bauchhöhle aus durch Reizung und Durchschneidung der Splanchnici zu dem erwähnten Resultate kamen. Die Angabe v. Bezold's, dass man bei Durchschneidung der Splanchnici gleichzeitig mit dem Sinken des Blutdruckes eine Beschleunigung der Herzschläge beobachtete, können wir nicht bestätigen, da wir gerade das Gegentheil davon sahen. E. Cyon.

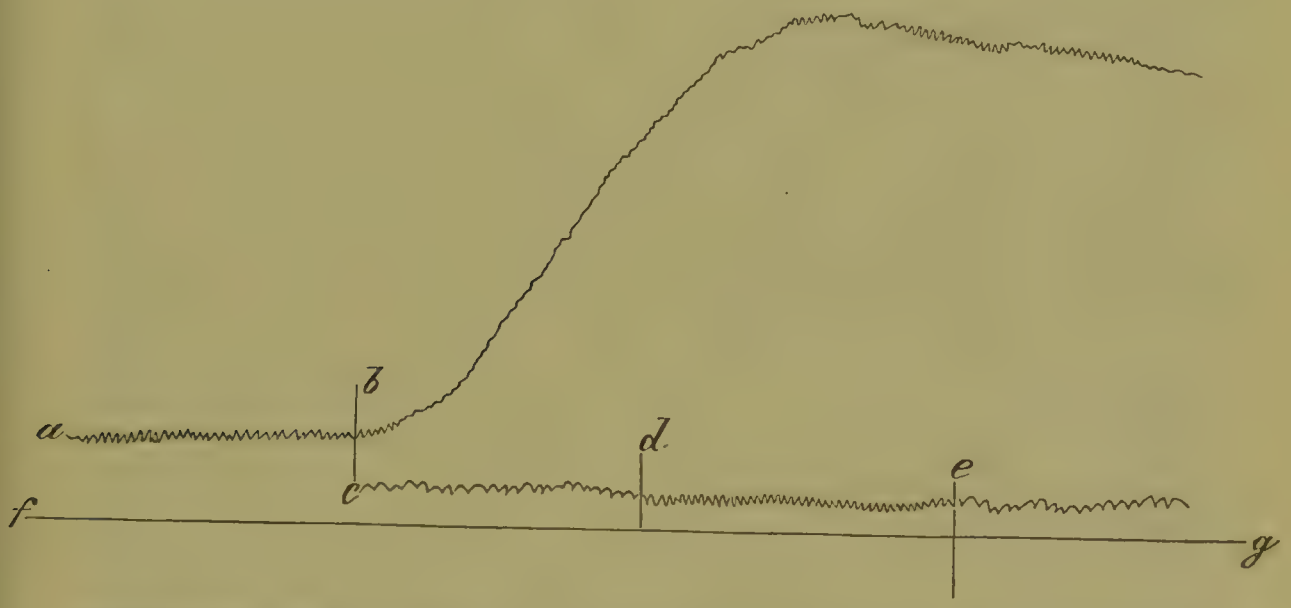
einfachung wurde nicht nur der Preis des Manometers nicht unbedeutend erniedrigt, sondern auch dessen Anwendung erleichtert. So ist z. B. die Füllung des Manometers viel vereinfacht worden und auch das unbequeme Herabsinken des Anfangs des Bleirohres in Folge des schweren Ansatzes vollständig beseitigt. Als Schwimmer gebrauchten wir feine Thermometerröhrchen mit an ihrem Ende angeschmolzenen Kügelchen; zum Curvenzeichnen wurde eine feine Feder aus Hartgummi, so wie deren Ludwig aus Glas und Horn braucht, benutzt. Die Zählung der Herzschläge geschah ausser mittelst des Manometers auch mit Hülfe der Middeldorpff-Nadel und des König'schen Stethoskops. In den entscheidenden Versuchen ist diese Zählung von Beiden von uns nach einander vorgenommen worden. Wir halten es daher für überflüssig, die Eigenschaften unseres Manometers hier näher anzugeben. Sämmtliche Versuche sind an mit Curare vergifteten Kaninchen angestellt worden.

In der überwiegenden Mehrzahl der Versuche, die wir mit Zuklemmen der Aorta angestellt haben, beobachteten wir bei der Erhöhung des Druckes eine Beschleunigung der Schlagzahl. Ein constantes Verhältniss zwischen der Höhe des Blutdruckes und der Beschleunigung der Schlagzahl konnten wir aber nicht beobachten, indem die Reaction des Herzens auf die Steigerung des Druckes bei den verschiedenen Thieren verschiedene quantitative Resultate liefert. Uebrigens ist die Zahl unserer Beobachtungen bei demselben Thiere (und nur solche können die Frage entscheiden) zu unbedeutend, um definitiv die Frage wegen des constanten Verhältnisses entscheiden zu können.

In selteneren Fällen tritt auch bei Erhöhung des Druckes eine Verlangsamung oder wenigstens Gleichbleiben der Schlagzahl ein, ohne dass sich der nähere Grund der verschiedenartigen Action des Herzens angeben liesse. Von der Voraussetzung ausgehend, dass die Verlangsamung vielleicht ihren Grund in der peripherischen Erregung der Depressores oder in der centralen der Vagi habe, stellten wir Versuche mit Durchschneidung dieser Nerven an. Da die verlangsamende Function der Depressores mit der Durchschneidung der Vagi wegfällt, so genügte die Durchschneidung der Vagi allein, um jene beiden Möglichkeiten auszuschliessen. Die Versuche I und II, sowie mehrere gleichlautende schienen eine Bestätigung der gemachten Voraussetzung zu liefern, indem bei ihnen die Verlangsamung der Schlagzahl bei Erhöhung des Druckes sich nach Durchschneidung der Vagi und Depressores in eine Beschleunigung umwandelte. Diesen Fällen gegenüber haben wir aber mehrere andere beobachtet, in denen trotz der Durchschneidung dieser Nerven eine Verlangsamung der Herzschläge auf erhöhten Druck eingetreten war. Unlängst veröffentlichte Bernstein einige Versuche, welche die Abhängigkeit der Verlangsamung der Schlagzahl bei Druckerhöhung von einer centralen Erregung der Vagi darthun sollten. Dieser Irrthum Bernstein's wird nur durch die zu kleine Zahl der von ihm gemachten Beobachtungen zu erklären sein. — In den drei Versuchen VI, VII und VIII, wo sämmtliche Herznerven zerstört und wo die beiden Nervi splanchnici durchtrennt wurden, erhielten wir bei Zuklemmen der Aorta entweder ein Gleichbleiben oder eine Verlangsamung der Schlagzahl. Freilich kann man nicht behaupten, dass in diesen drei Fällen nicht zufällig auch vor der Durchschneidung

der Herznerven eine Verlangsamung der Schlagzahl auf eine starke Druckerhöhung eingetreten wäre. Jedenfalls wäre es aber von Belang, den Einfluss der Druckerhöhungen auf die Schlagzahl vor und nach der Durchschneidung der aus dem Rückenmarke austretenden Herznerven weiter zu untersuchen. Wir haben dies jetzt unterlassen, weil die Erklärung der in selteneren Fällen von Druckerhöhung eintretenden Verlangsamung der Herzschläge nicht in das Bereich unserer vorliegenden Untersuchung gehört. Für uns war es nur von Wichtigkeit, festzustellen, dass die von Ludwig und Thiry gegebene Erklärung der v. Bezold'schen Versuche ihre volle Berechtigung hatte. Wir konnten daher zur Entscheidung der Frage übergehen, ob bei Reizung des Rückenmarkes nicht noch andere Factoren als die Blutdrucksteigerung Beschleunigung der Schlagzahl bewirken können.

Wie schon oben gesagt, stützte sich die Hoffnung, bei Reizung des Rückenmarkes die vom Gefässnervensysteme abhängigen Veränderungen des Blutdruckes auszuschliessen, auf die Möglichkeit, mittelst Durchschneidung der Splanchnici und Halssympathici den Einfluss des Rückenmarkes auf die Gefässe zu beseitigen. Wir unternahmen daher eine Reihe



a Rückenmark, Vagi, Depressores und Sympathici durchschnitten. *b* Reizung des Rückenmarkes. *c* Splanchnici beiderseits durchschnitten. *d* Reizung des Rückenmarkes. *e* 5 Secunden nach Aufhören der Reizung. *f*—*g* die den Curven gemeinschaftliche Abscisse. Sämmtliche Dimensionen sind zur Hälfte verkleinert.

von Versuchen mit Reizung des Rückenmarkes vor und nach Durchtrennung der Splanchnici. Sämmtliche Versuche wurden an mit Curare vergifteten Thieren angestellt. Die Vagi, Depressores und Halssympathici wurden noch vor der Durchschneidung des Rückenmarkes durchtrennt. Solche Versuche sind beispielsweise III, IV und V. Wie aus diesen Versuchen ersichtlich, hat die Durchschneidung des Rückenmarkes in der Höhe des Atlas ein Sinken des Druckes zur Folge, verbunden mit einer Verlangsamung der Schlagzahl. Electrische Reizung des Cervicaltheiles des Rückenmarkes veranlasst, wie bekannt, eine bedeutende Steigerung des Blutdruckes mit entsprechender Beschleunigung der Herzschläge, und zwar

erreichen diese beiden Grössen einen höheren Werth, als sie vor der Durchschneidung des Rückenmarkes hatten. Werden nun, nachdem der Blutdruck und die Schlagzahl nach Aufhören der Reizung den ihnen nach Durchschneidung des Rückenmarkes zukommenden Werth wieder erlangt haben, beide Nervi splanchnici durchschnitten, so nimmt der Blutdruck noch um 10—20 Mm. ab und gleichzeitig vermindert sich auch die Zahl der Herzschläge. Wird nun das Rückenmark gereizt, so tritt beim Beginn der Reizung keine Erhöhung des Blutdruckes mehr ein; die Zahl der Herzschläge aber erhöht sich noch um ein Beträchtliches, oft fast bis zur Verdoppelung. Setzt man die Reizung lange anhaltend fort, so tritt in seltneren Fällen noch eine unbedeutende Erhöhung des Blutdruckes um 2—5 Mm. ein. Um die beschriebenen Veränderungen recht anschaulich zu machen, geben wir umstehend eine Zeichnung der denselben entsprechenden Curven.

Wie aus der durch Reizung des Rückenmarkes bei durchschnittenen Splanchnici eintretenden Beschleunigung der Schlagzahl ohne Druckerhöhung ersichtlich, kann das Rückenmark auch unabhängig von der Druckerhöhung beschleunigend in die Schlagzahl eingreifen. Die bei fortdauernder Reizung des Rückenmarkes in seltneren Fällen eintretende unbedeutende Druckerhöhung kann selbstverständlich nicht als veranlassende Ursache dieser Beschleunigung betrachtet werden, denn 1) tritt diese Beschleunigung auch ohne jede Druckerhöhung und vor einer solchen ein und 2) steht die Stärke der Beschleunigung in gar keinem Verhältnisse zur Höhe der Blutdruckveränderung. So z. B. ist in dem Versuche IV der Blutdruck bei längerer Reizung von 10 auf 11 Mm. gestiegen, die Steigerung der Schlagzahl aber betrug vor und während dieser Erhöhung 20 Herzschläge in 15 Secunden (von 28 auf 48). Im dritten Versuche stieg der Druck von 10 auf 12 Mm. und die Schlagzahl von 27,5 auf 43,5 in 15 Secunden. Was den Grund dieser Drucksteigerung betrifft, so ist schon aus diesen Versuchen im höchsten Grade wahrscheinlich, dass dieselbe ganz unabhängig von der Beschleunigung der Schlagzahl sei und nur als Folge der Reizung einiger Gefässnerven zu betrachten ist, die tiefer als die Splanchnici aus dem Rückenmarke treten und bei deren Durchschneidung intact bleiben. Für die Unabhängigkeit dieser kleinen Druckerhöhung von der Beschleunigung der Schlagzahl spricht ausser der im Nachtrage zu dieser Abhandlung mitgetheilten Thatsache noch das spätere Auftreten dieser Druckerhöhung, das auf eine Fortpflanzung der Erregung nach unten zurückzuführen ist, sowie auch das mehrmalige Fehlen derselben trotz der beträchtlichen Steigerung der Schlagzahl. Es ist auch a priori die Nothwendigkeit nicht einzusehen, warum eine Vermehrung der Schlagzahl eine Erhöhung des Blutdruckes veranlassen muss; das Gegentheil davon ist sogar in gewissem Grade wahrscheinlicher.

Wird nach Durchschneidung der Splanchnici die Aorta zugeklemmt, so tritt zwar ein Steigen des Druckes ein, dieses ist aber bei Weitem nicht so beträchtlich, wie bei undurchschnittenen Splanchnici. Wie aus den Versuchen III, IV und V zu ersehen, erreicht der Druck dabei nicht einmal die Höhe, die er vor Durchschneidung der Splanchnici hatte. Diese Thatsache findet leicht ihre Erklärung in der nach Durchschneidung

der Splanchnici eintretenden Erweiterung der kleinen Gefässe. Die Schlagzahl wird aber auch bei dieser unbedeutenden Steigerung beträchtlich vermehrt (III, IV) und zwar fast bis zur Verdoppelung. Wird nun während dieser Steigerung des Druckes und der Schlagzahl das Rückenmark gereizt, so tritt weiter keine Veränderung, weder in der einen noch anderen Function ein. In selteneren Fällen aber, wo Schluss der Aorta bei durchschnittenen Splanchnici keine Beschleunigung, sondern sogar eine geringe Verlangsamung der Herzschläge hervorruft, veranlasst eine Reizung des Rückenmarkes noch eine Vermehrung derselben (IV). Erwähnenswerth, wenn auch schwer zu erklären, ist noch der Umstand, dass in dem vierten Versuche (V) eine Beschleunigung der Schlagzahl schon bei der blossen Aufsuchung der Aorta und noch vor jeder Drucksteigerung eintrat und zwar noch eine bedeutendere, als bei Erhöhung des Druckes in Folge des Aortenschlusses. Sollte etwa die Reizung der Eingeweide auf reflectorischem Wege eine Beschleunigung der Schlagzahl veranlassen können? —

Durch die mitgetheilten Versuche ist also zum ersten Male ein unwiderlegbarer Beweis dafür geliefert, dass die Reizungen des Rückenmarkes auch unabhängig von den Veränderungen im Blutdrucke eine Vermehrung der Anzahl der Herzschläge veranlassen können. Da die Vagi, Depressores und Sympathici bei den zu diesen Versuchen verwendeten Kaninchen beiderseits getrennt waren, so konnte diese Beschleunigung nur vermittelst der vom Rückenmarke durch das letzte Hals- und erste Brustganglion tretenden Nerven vor sich gehen.

Um diesen letzteren Schluss noch durch ein Experimentum crucis zu begründen, stellten wir auch Versuche mit Exstirpation der erwähnten Ganglien an. Die Versuche wurden meist so ausgeführt: Einem mit Curare vergifteten Kaninchen wurden beiderseits die letzten Hals- und ersten Brustganglien exstirpirt, die Vagi, Depressores und Sympathici durchschnitten, der Blutdruck in der Carotis und die Schlagzahl des Herzens in der oben angegebenen Weise bestimmt. Hierauf folgt eine Durchtrennung des Rückenmarkes in der oben angegebenen Höhe und eine Druck- und Schlagzahlbestimmung vor und nach der Reizung desselben, Danach durchschnitten wir beide Splanchnici und untersuchten nochmals die Veränderung in Blutdruck und Schlagzahl vor und nach Reizung des Rückenmarkes. Die Exstirpation der erwähnten Ganglien wurde in dem Winkel zwischen der Subclavia und Carotis ohne Eröffnung der Brusthöhle vorgenommen. Später wurde an der Leiche immer genau controlirt, ob auch wirklich alle Ganglien mit den Herznerven zerstört waren. Die Versuche VI, VII und VIII sind auf angegebene Weise ausgeführt. Wie aus VII und VIII, wo die Druck- und Schlagzahlbestimmung auch vor der Exstirpation der Ganglien gemacht wurde, ersichtlich, übt diese Exstirpation gar keinen oder wenigstens keinen merklichen Einfluss auf diese Werthe. Das Sinken derselben tritt erst nach Durchschneidung des Rückenmarkes ein, um nach Durchschneidung der Splanchnici noch bedeutender zu werden. Alle diese Versuche zeigen übereinstimmend, dass nach durchschnittenen Splanchnici die Reizung des Rückenmarkes nicht mehr im Stande ist, eine Vermehrung der Schlagzahl zu veranlassen. Auch ist die Beschleunigung der Herzschläge als Folge der Druckerhöhung

bei Reizung des Rückenmarkes vor Durchschneidung dieser Nerven in VII höchst unbedeutend, in VI und VIII ganz ausbleibend. Dass bei den so operirten Thieren nach Durchschneidung der Splanchnici und anhaltender Reizung des Rückenmarkes zuletzt noch eine ganz unbedeutende Erhöhung des Blutdruckes eintritt, spricht auch für die oben nachgewiesene Unabhängigkeit des Blutdruckes von der Schlagzahl. Aus den zuletzt mitgetheilten Versuchen folgt also mit Bestimmtheit Folgendes:

1) Die bei Reizung des Rückenmarkes, auch unabhängig vom Blutdrucke eintretende Erhöhung der Schlagzahl wird durch die Nerven bewerkstelligt, welche vom Rückenmarke durch diese Ganglien zum Herzen treten.

2) Die bei der Durchschneidung des Rückenmarkes eintretende Verlangsamung der Herzschläge hat ihren Grund, ebenso wie die, welche nach Durchschneidung der Splanchnici eintritt, in dem nach diesen Durchschneidungen eintretenden Sinken des Blutdruckes. Denn einerseits tritt diese Verminderung auch dann ein, wenn sämmtliche Herznerven zerstört sind, andererseits aber ruft diese Zerstörung, die doch für diesen Fall gleichbedeutend mit einer Durchschneidung des Rückenmarkes ist, keine solche Verminderung hervor.

3) Es giebt kein Centrum, weder im Gehirn noch Rückenmark, das fortwährend die Zahl der Herzschläge beschleunigte.

Fragen wir nun, welcher Natur die Function dieser Nerven ist und auf welche Weise Reizung des Rückenmarkes beschleunigend auf den Herzschlag wirken kann, so lassen sich darüber folgende drei Möglichkeiten angeben: 1) Diese Nerven sind einfache motorische Nerven der Herzmusculatur, die von einem motorischen Centrum im Gehirn oder Rückenmarke innervirt, das Herz fortwährend zur Contraction veranlassen. Eine solche Annahme hat v. Bezold gemacht, als er durch die Fehler seiner Versuche zu dem Schlusse bewogen wurde, dass das Sinken des Blutdruckes und der Schlagzahl bei Durchschneidungen des Rückenmarkes von dem Aufheben motorischer Einflüsse, welche constant das Herz regieren, abhinge, und dass das Steigen des Druckes und der Schlagzahl bei Reizung des Rückenmarkes Folgen der erhöhten motorischen Leistung des Herzens sind. Wir haben oben nachgewiesen, dass v. Bezold in beiden Annahmen sich geirrt hat; es fallen also hiermit die Gründe für den Charakter der Herznerven als einfacher motorischer weg. Gegen einen solchen Charakter derselben aber sprechen einige Umstände und zwar a) dass Reizung des Rückenmarkes keinen Tetanus des Herzens veranlasst*); b) dass die Höhe der Excursion jedes einzelnen Herzschlages bei Reizung des Rückenmarkes im Gegentheile noch abnimmt trotz der Vermehrung der Zahl derselben; c) dass Durchschneidung dieser Nerven von keinem Einflusse weder auf Zahl noch Höhe der Herzschläge ist; d) dass die Nerven durch Curare gelähmt werden und e) die Ueberflüssigkeit solcher Nerven beim Vorhandensein selbständiger automatischer Erreger im Herzen selbst.

*) Dass im Gegensatze zu der vorherschenden Meinung ein Tetanus des Herzens unter gewissen Umständen wirklich möglich ist, habe ich in meiner Arbeit „Ueber den Einfluss der Temperaturveränderungen“ etc. (Berichte der Königl. Sächs. Gesellsch. der Wissensch. v. Juli 1866) nachgewiesen.

2) Dass diese Nerven zu den motorischen Ganglien des Herzens gehen. In diesem Falle könnten sie diesen Ganglien motorische Impulse mittheilen, die sich dann mit den Reizen, welche sich selbständig im Herzen entwickeln, summiren. Aber auch dann müsste Reizung des Rückenmarkes nicht nur eine Beschleunigung der Herzschläge, sondern auch eine Zunahme der motorischen Leistung des Herzens bewerkstelligen. Wie wir aber gesehen haben, wird die Summe der motorischen Leistungen des Herzens durch Reizung des Rückenmarkes nicht vermehrt, sondern nur deren Vertheilung in der Zeit verändert. Nicht nur verringert sich bei Zunahme der Schlagzahl die Höhe der Excursion, sondern auch der Mitteldruck in der Carotis bleibt entweder unverändert oder nimmt etwas ab. Man kann sich also die Functionen dieser Nerven, im Falle sie in den Ganglien endigen, nur so denken, dass sie die Widerstände, welche der regulatorische Mechanismus dem Freiwerden der Spannkräfte entgegenstellt, vermindern; sie werden also für den Fall, dass man die Function der Vagi als Vermehrung dieser Widerstände auffasst, Antagonisten dieser Nerven. Um uns nicht zu weit in theoretische Auseinandersetzungen einzulassen, wollen wir diese Auffassung der Function der Herznerven, der wir uns entschieden hinneigen, nicht auch auf die der auseinandergesetzten gegenüberstehende Ansicht über den regulatorischen Mechanismus anpassen. Es ist aber leicht einzusehen, dass auch bei dieser Ansicht diese Nerven sich leicht als Antagonisten der Vagi auffassen lassen. Im Falle einer solchen Auffassung wäre es auch nicht nothwendig, eine fortdauernde Functionirung dieser Nerven anzunehmen; sie könnten nur bei gewissen Gelegenheiten wirksam in die Herzbewegungen eingreifen. Ein Analogon solcher, nur periodisch wirkender Nerven haben wir schon in den sensiblen Herznerven, den Depressores, dessen Durchschneidung auch keine Veränderungen weder im Druck noch in der Schlagzahl veranlasst.

3) Die verschiedenen Herznerven könnten auch als Gefässnerven aufgefasst werden und ihr Einfluss auf die Schlagzahl verschiedenartig erklärt werden. Wir werden uns auf eine Auseinandersetzung der verschiedenen Möglichkeiten nicht einlassen, da wir eine solche Auffassung der Herznerven für unrichtig halten müssen und zwar hauptsächlich aus dem Grunde, dass, wie bekannt, ein vollständiges Schliessen der Herzgefässe keinen Einfluss auf die Schlagzahl auszuüben vermag. Auch das sofortige Eintreten der Beschleunigung bei der Reizung des Rückenmarkes spricht gegen eine solche Auffassung der Function der Herznerven. Nach dem Erscheinen der vorläufigen Mittheilung über diese Arbeit versuchte Prof. L. Traube (Klin. Wochenschrift Nr. 51.) eine theoretische Auseinandersetzung über die Function dieser Herznerven zu geben, wobei er dieselben als Gefässnerven auffasst. Seine Erklärung der Beschleunigung der Schlagzahl nach Erregung dieser Nerven besteht darin, dass diese Erregung eine Verengerung der Herzgefässe veranlasse, in Folge dessen eine verminderte Zufuhr von Kohlensäure zu dem im Herzen sich befinden sollenden selbständigen Hemmungsapparate stattfinden solle. Und da nach Traube Kohlensäure das Vermögen besitzen soll, dieses supponirte Hemmungsnervensystem fortwährend zu erregen, so soll die Verengerung der Gefässe ein Wegfallen dieser Erregung und dadurch eine

Beschleunigung der Schlagzahl veranlassen. Abgesehen davon, dass der gemeinschaftliche Verlauf der Herznerven mit den Herzgefässen auf den Tafeln des Hirschfeld'schen Atlasses noch keinen Wahrscheinlichkeitsgrund für die Bedeutung dieser Nerven als Gefässnerven abzugeben vermag, ist das Vorhandensein eines selbständigen Hemmungsnervensystems im Herzen durch neuerliche Untersuchungen etwas problematisch gemacht worden und ist auch erst die Möglichkeit nachzuweisen, dass Kohlensäure dieses System in fortwährender Erregung erhalte. Die höchst complicirte Erklärung des Herrn Prof. Traube wird übrigens am klarsten dadurch widerlegt, dass, wie schon erwähnt, ein Zuschliessen der Herzgefässe von keinem Einflusse auf die Zahl und Stärke der Herzschläge ist.

Nachdem eine vorläufige Mittheilung über diese von uns gemachte Arbeit in Nr. 51 des Centralblattes veröffentlicht worden, erschien in Nr. 52 derselben Zeitschrift eine Untersuchung v. Bezold's über denselben Gegenstand. Dieselbe enthielt eine Reihe höchst unklarer und vieldeutiger Versuche, die den Zweck hatten, das Vorhandensein motorischer Herznerven im Rückenmarke auf indirecte Weise wahrscheinlich zu machen. Da diese Frage aber durch unsere directen Versuche einer positiven Entscheidung entgegengeführt wurde, halten wir es für überflüssig, auf eine Auseinandersetzung der höchst mangelhaften Wahrscheinlichkeitsversuche des Herrn Prof. v. Bezold einzugehen und wollen nur eine spätere Abhandlung desselben Autors über denselben Gegenstand einer kurzen Besprechung unterwerfen. Diese Arbeit erschien in Nr. 53 derselben Zeitschrift. In der Einleitung dazu sagt v. Bezold: „Da in Nr. 51 des med. Centralblattes den unsrigen ähnliche Versuche der Herrn DDr. M. u. E. Cyon mitgetheilt sind, so lasse ich hier die nachstehenden, im Laufe des Monats October erhaltenen Resultate unverweilt folgen. Dieselben sind gänzlich unabhängig und ohne dass wir von den gleichzeitig in Ludwig's und du Bois-Reymond's Laboratorium angestellten Versuchen eine Ahnung hatten, gewonnen worden." Es ist schwer begreiflich, wie wir zwei Wochen vor dem Bekanntwerden der v. Bezold'schen Versuche den seinigen ähnliche veröffentlichen konnten; wahrscheinlich wollte v. Bezold damit nur sagen, dass seine Versuche den unsrigen ähnlich sind, obgleich eine Vergleichung unserer Versuche mit den seinigen unstatthaft ist. Unsere Versuche wurden vollständig richtig angestellt und gaben positive und klare Resultate, während die v. Bezold-schen fehlerhaft angestellt, zu unrichtigen Schlüssen führten und die Frage, deren Lösung er sich vorgenommen hatte, ebenso unentschieden liessen, wie seine früheren Untersuchungen über denselben Gegenstand. Bekanntlich haben wir die Erhöhung des Blutdruckes bei Reizung des Rückenmarkes durch Durchschneidung der Nervi splanchnici ausgeschlossen. Herr v. Bezold wollte diese Druckerhöhung dadurch ausschliessen, dass er das Brustmark und die Nervi sympathici am Halse durchschnitt. Es ist also leicht einzusehen, worin die Ursache des Misslingens seiner Versuche lag. Wenn nämlich die Durchschneidung des Brustmarkes, wenn vollständig, auch im Stande wäre, das Gefässsystem vollkommen vom Einflusse des Gehirns und des Halsrückenmarkes zu trennen, so ist es doch unmöglich bei elektrischer Reizung der Medulla oblongata zu vermeiden, dass Stromesschleifen nicht auch das Brust- und Lendenmark

mit in Erregung versetzten. Ein Elektrophysiologe, wie v. Bezold, der so gerne den Staatsanwalt für Stromesschleifen spielt, sollte doch berücksichtigen, dass eine blosse Durchschneidung des Rückenmarkes keine Isolirung elektrischer Ströme und dazu noch so intensiver, wie sie bei Reizung der Medulla oblongata nothwendig sind, bewerkstelligen kann. Dieses Nichtberücksichtigen war die Ursache der falschen Resultate, die v. Bezold bekommen hat. Er behauptet nämlich, bei so operirten Kaninchen bei Reizung der Medulla oblongata gleichzeitig mit der Beschleunigung der Herzschläge eine Erhöhung der mit den einzelnen Herzschlägen synchronischen Druckschwankung im Aortensystem und eine relativ sehr unbeträchtliche Zunahme des mittleren arteriellen Druckes beobachtet zu haben. Oben haben wir gezeigt, dass die Excursionen bei Reizung des Rückenmarkes nicht nur sich nicht vermehren, sondern sogar bedeutend vermindern. Auch der mittlere arterielle Druck bleibt bei dieser Reizung, wenn die Gefässnerven von derselben vollständig unberührt bleiben, stationär, oder vermindert sich unbedeutend, und wenn v. Bezold das Gegentheil davon bemerkt hat, so kann es nur daran liegen, dass er die Gefässnerven mit gereizt hat. Jedenfalls ist die „relativ sehr unbeträchtliche Zunahme des mittleren arteriellen Druckes" schon vollständig genügend, um den v. Bezold'schen Versuchen jede Beweiskraft für die Existenz die Schlagzahl beschleunigender Nerven abzusprechen, da man dabei die Blutdruckerhöhung noch immer beschuldigen kann, die Beschleunigung der Herzschläge verursacht zu haben. In der That zeigen unsere Versuche, dass, wenn der Blutdruck nach Durchschneidung der Splanchnici gesunken ist, unbedeutende Erhöhung des Blutdruckes um 15 bis 20 Mm. durch Zuschliessen der Aorta schon genügt, die Zahl der Herzschläge fast zu verdoppeln. Aus den im Nachtrage veröffentlichten directen Reizversuchen der Herznerven ist ersichtlich, dass ein Erregen dieser Nerven eine Verminderung der Excursionshöhe und gar keinen Einfluss auf die Höhe des Blutdruckes auszuüben vermag. Herr v. Bezold spricht in dieser Mittheilung noch immer von den „von ihm entdeckten" excitomotorischen Herznerven: schon oben haben wir nach allen Seiten hin die Unrichtigkeit einer solchen Auffassung dieser Nerven dargethan.

Nachtrag.

Ueber directe Reizung einiger Herznerven.

Wir haben schon oben gesagt, wie wichtig eine directe Reizung der Herznerven für die Bestätigung des in der vorausgehenden Abhandlung von uns bewiesenen Vermögens des Rückenmarkes, die Schlagzahl zu erhöhen, ist. Wir haben solche Reizversuche vorgenommen und wenn sie auch nicht vollständig zum Abschlusse gelangt sind, so theilen wir sie hier doch mit, da wir durch äussere Umstände gezwungen sind, die gemeinschaftliche Untersuchung aufzugeben; doch wird (E. Cyon) diese Untersuchung fortsetzen. Zum besseren Verständniss

theilen wir hier einige anatomische Data über den Verlauf der Herznerven mit: Beim Kaninchen treten aus dem Nervengeflecht, welches aus dem Halssympathicus, Depressor und dem letzten Halsganglion (das mehrere aus dem Rückenmarke kommende Nerven aufnimmt) zusammengesetzt ist, fünf Hauptzweige aus: der am meisten nach innen gelegene spaltet sich in zwei Aeste und ist, wie wir durch Reizversuche gefunden haben, eine Fortsetzung des Depressor; der zweite und dritte Zweig (von innen) verbinden sich hinter dem Arcus aortae mit einem Nerven, der vom ersten Brustganglion herauskommt, und einem inconstanten Zweige vom zweiten Brustganglion zum Plexus cardiacus. Der vierte Zweig bildet um die Arteria subclavia die unter dem Namen des Vieussenischen Ringes bekannte Schlinge und tritt zum ersten Brustganglion; zu diesem tritt auch der fünfte und stärkste unter der Subclavia liegende Zweig. Beim Hunde ist der Verlauf der Herznerven im Allgemeinen folgender: Sympathicus, Vagus (und wahrscheinlich auch der Depressor) verlaufen bekanntlich am Halse in einem Strange; in der Nähe der Stelle, wo dieser Strang mit dem letzten Halsganglion in Verbindung tritt, schickt er von seiner inneren Seite aus drei Zweige zum Herzen. Ausserdem tritt aus diesem Halsganglion noch ein starker Herznerv, begleitet von mehreren feineren, dann ein kurzer dicker Nerv, welcher den Vieussenischen Ring darstellt und ein tieferer, dickerer zum ersten Brustganglion. Die schönste Darstellung der Herznerven beim Menschen, die im Allgemeinen denselben Verlauf wie beim Kaninchen haben, findet sich im anatomischen Atlas von Loder.

Die Reizung einiger dieser Nerven ergab uns folgende Resultate:

1) Der am meisten nach innen laufende Zweig des letzten Halsganglions ist die Fortsetzung des Nervus depressor; beim Hunde ist dieser Nerv wahrscheinlich der eine der drei vom Strange zum Herzen tretenden Zweige.

2) Reizung des der Reihe nach dritten Nerven beim Kaninchen und des ersten vom Halsganglion zum Herzen tretenden beim Hunde ruft eine Beschleunigung der Schlagzahl ohne jede Veränderung im Blutdrucke hervor. Die Höhe der Excursion jedes einzelnen Herzschlags nimmt ebenso ab, wie bei Reizung des Rückenmarkes und durchschnittenen Splanchnici. Das Verhältniss der Schlagzahl vor der Reizung dieses Nerven und während derselben ist wie 6 : 8.

3) Reizung des Vieussenischen Ringes und des tieferen vom ersten Halsganglion bis zum letzten Brustganglion gehenden Nerven ruft eine unbeträchtliche Erhöhung des Blutdruckes ohne jeden Einflusss auf die Zahl der Herzschläge hervor.

Durch den Versuch ad 2) ist also dargethan, dass auch eine directe Reizung der Herznerven eine Beschleunigung der Schlagzahl veranlassen kann. Freilich ist die beobachtete Beschleunigung bedeutend niedriger als die bei Reizung des Rückenmarkes und durchschnittenen Splanchnici beobachtete. Dies ist aber leicht erklärlich, wenn man berücksichtigt, dass wir von der grossen Reihe der Herznerven nur einen Zweig gereizt haben. Ob Reizung des vom ersten Brustganglion zum Herzen tretenden Nerven eine besondere Vermehrung der Herzschläge herbeiführt oder ob eine solche nur durch gleichzeitige Reizung sämmtlicher Herznerven erreicht werden kann, ist eine Frage, mit deren Lösung der Eine von uns

(E. Cyon) sich weiter beschäftigt. Diese letztere Annahme würde mit der von uns angenommenen und oben auseinandergesetzten Auffassung der Natur der Herznerven mehr übereinstimmen resp. für dieselbe sprechen.

Berlin, den 6. Januar 1867.

	Druck in Mm. Hg.	Puls-zahl in 15 Sec.
I. Versuch mit Erhöhung des Druckes durch Zuschliessung der Aorta und Durchschneidung der Nervi depressores.		
a) Eröffnung der Bauchhöhle	56	63
b) Zuschliessung der Aorta	82	47
c) Aufhebung der Schliessung	67,5	47
d) Einige Zeit später	51	60
e) Beide Nervi depressores durchschnitten	39	60
f) Schluss der Aorta	71,5	72
II. Versuch mit Erhöhung des Druckes durch Zuschliessung der Aorta und Durchschneidung der Nervi vagi.		
a) Vor Eröffnung der Bauchhöhle	50	40
b) Eröffnung der Bauchhöhle und Aufsuchen der Aorta	80,5	70
c) Schluss der Aorta	101	48
d) Beide Nervi vagi durchschnitten	76,5	53
e) Schluss der Aorta	93,8	59
f) Durchtrennung der Depressores	62,6	53
g) Schluss der Aorta	98,7	56
III. Versuch mit Durchtrennung der Splanchnici und Reizung des Rückenmarkes.		
a) Vagi, Depressores, Rückenmark und Sympathici beiderseits durchtrennt	35	54
b) Reizung des Rückenmarkes	130	61,5
c) Splanchnici beiderseits durchtrennt	10	27,5
d) Reizung des Rückenmarkes	12	43,5
e) Ohne Reizung	10	27,5
f) Reizung	10	39
g) Schluss der Aorta	35	31,5
h) Reizung des Rückenmarkes während des Schlusses der Aorta	35	30
i) Ohne Reizung	8	27
k) Reizung	9	27
l) Schluss der Aorta	30	27

	Druck in Mm. Hg.	Puls-zahl in 15 Sec.
IV. Versuch mit Durchtrennung der Splanchnici und Reizung des Rückenmarkes.		
a) Vagi, Depressores, Splanchnici und Rückenmark durchschnitten	15	51
b) Reizung des Rückenmarkes	105	76,5
c) Splanchnici durchschnitten	15	50
d) Reizung des Rückenmarkes	17	69
e) Ohne Reizung	10	48
f) Reizung des Rückenmarkes	11	68
g) Schluss der Aorta	25	45
h) Reizung des Rückenmarkes während des Schlusses der Aorta	26	63
i) Ohne Reizung	13	42
V. Versuch, dem vorigen ähnlich.		
a) Depressores, Vagi und Sympathici durchtrennt	60	52,5
b) Durchschneidung des Rückenmarkes	20	45
c) Reizung des Rückenmarkes	80	61,5
d) Durchschneidung der Splanchnici	10	27
e) Reizung des Rückenmarkes	12	42
f) Ohne Reizung	8	28,5
g) Reizung des Rückenmarkes	9	48
h) Ohne Reizung	10	25
i) Reizung des Rückenmarkes	10	36
k) Ohne Reizung	9	24
l) Aufsuchen der Aorta	9	48
m) Schluss der Aorta	20	45
n) Reizung während des Schlusses	20	43
VI. Versuch mit Exstirpation der Ganglien.		
a) Ganglien beiderseits exstirpirt, Rückenmark, Vagi, Depressores und Sympathici durchschnitten	28	39
b) Reizung des Rückenmarkes	90	39
c) Splanchnici durchtrennt	13	33
d) Reizung des Rückenmarkes	15	33
e) Ohne Reizung	10	33
f) Reizung des Rückenmarkes	12	33
g) Schluss der Aorta	25	32
VII. Versuch, dem vorigen ähnlich.		
a) Vagi, Depressores, Sympathici durchtrennt	52	48
b) Ganglien exstirpirt	52	48
c) Rückenmark durchtrennt	10	34
d) Reizung des Rückenmarkes	45	36
e) Splanchnici durchtrennt	8	27
f) Reizung des Rückenmarkes	9	27
g) Ohne Reizung	8	27
h) Schluss der Aorta	30	33
i) Reizung während des Schlusses	31	33

	Druck in Mm. Hg.	Pulszahl in 15 Sec.
VIII. Versuch, dem vorigen ähnlich.		
a) Vagi, Depressores und Sympathici durchtrennt . .	42	45
b) Ganglien exstirpirt	41	45
c) Rückenmark durchtrennt.	12	32
d) Reizung des Rückenmarkes	42	31
e) Durchschneidung der Splanchnici	10	26
f) Reizung des Rückenmarkes	10	26
g) Ohne Reizung.	9	26
h) Schluss der Aorta	26	26
i) Reizung während des Schlusses.	26	25
IX. Versuch mit directer Reizung der Herznerven.		
a) Blosslegung der Herznerven, Vagi, Sympathici und Depressores durchschnitten	35	46
b) Reizung des zweiten Nerven vom Halsganglion . .	35	46
c) Reizung des dritten Herznerven	34	61,3
d) Durchschneidung dieses Nerven und Reizung seines peripherischen Stumpfes	34	60
e) Reizung des Vieussenischen Ringes	45	46
f) Reizung des tiefen Zweiges zwischen letztem Hals- und erstem Brustganglion	43	45
X. Versuch, dem vorigen ähnlich, bei einem Hunde.		
a) Vagi, Depressores und Sympathici beiderseits durchschnitten	38	40
b) Reizung des Herznerven vom letzten Halsganglion .	38	50
c) Durchschneidung dieses Nerven und Reizung seines peripherischen Stumpfes	37	50
d) Reizung desselben einige Zeit später	37	47
e) Reizung des Vieussenischen Ringes	45	40

5.*) Ueber die Innervation des Herzens.

(Comptes rendus de l'Acad. des Sciences. 1867.)

Obwohl die Frage, welchen Einfluss das Gehirn und das Rückenmark auf die Innervation des Herzens ausüben, seit Jahrtausenden erörtert wird, hat dieselbe doch bis jetzt keine endgültige Lösung erhalten. Die zu Anfang dieses Jahrhunderts von Legallois und Wilson Pillipp, und in der Folge von Budge, Schiff, Weber und Anderen angestellten Experimente haben diese Frage in einer Verfassung zurückgelassen, welche sich mit folgenden Worten resumiren lässt: einerseits fehlte es an positiven Beweisen dafür, dass das Herz vom Rückenmarke völlig unabhängig wäre; andererseits war es nicht bewiesen, dass das centrale Nervensystem die Herzschläge vermittelst anderer Bahnen als derer des Vagus beeinflussen könne. Durch eine im Jahre 1863 veröffentliche Arbeit glaubte Prof. v. Bezold den Beweis geliefert zu haben, dass im Rückenmarke ein das Herz beherrschendes excito-motorisches Centrum seinen Sitz habe, welches nicht nur die Zahl der Herzschläge zu vermehren, sondern auch eine sehr beträchtliche Steigerung des mittleren Blutdruckes hervorzubringen vermöchte. Bezold's Schlüsse basirten auf folgenden Experimenten: Die Durchschneidung des Rückenmarks in der Höhe des Atlas bewirkt bei Kaninchen eine sehr beträchtliche Abnahme des Druckes in den grossen Arterien und zu gleicher Zeit eine Verlangsamung der Herzschläge; die Reizung des Rückenmarks unterhalb der Durchtrennungsstelle erhebt diese beiden Grössen zu einem höheren Werthe, als sie ihn vor der Durchschneidung hatten. v. Bezold betrachtete die Steigerung des mittleren Druckes, während dieser Reizung, als hervorgebracht durch die Zunahme der Propulsionskraft des Herzens, und im Gegentheil das Sinken jenes Druckes, nach der Durchschneidung, als bewirkt durch die Abnahme dieser Kraft. Prof. Ludwig und Thiry bewiesen bald darauf durch eine Reihe höchst sinnreicher Experimente, dass die Schlussfolgerungen, welche Prof. v. Bezold aus seinen Versuchen gezogen hatte, völlig irrthümlich waren. Sie stellten fest, dass ebendieselben Veränderungen im Blutdrucke und in der Zahl der Pulse während der Durchschneidung oder der Reizung des Rückenmarks noch bei solchen Kaninchen eintreten, denen man vermöge der galvanocaustischen Methode sämmtliche Herznerven vollständig zerstört hat. Indem sie die Bauchaorta comprimirten, erzielten sie dieselbe Steigerung des Blutdruckes und dieselbe Beschleunigung der Herzschläge, wie während der Reizung des Rückenmarkes. Aus diesen Versuchen folgerten sie sehr richtig, dass die Abnahme oder die Zunahme des Blutdruckes in Bezold's Experimenten durch eine Lähmung oder durch eine Erregung der Gefässnerven hervorgebracht war, während die

*) Gemeinschaftlich mit M. Cyon.

Veränderungen in der Frequenz der Herzschläge lediglich als die Folge einer Reaction des Herzens, je nach der Vermehrung oder Verminderung der die Blutcirculation behindernden Widerstände aufgefasst werden müssen. Wie man sieht, hat Prof. v. Bezold aus demselben Grunde geirrt, wie seine Vorgänger: er schrieb einem directen Einflusse des Nervensystems auf das Herz Veränderungen zu, welche von der Einwirkung der Nerven auf die Gefässe abhingen.

Einige die Innervation des Herzens und der Gefässe betreffende, wichtige Thatsachen, welche in jüngster Zeit von Herrn Prof. Ludwig und mir aufgefunden worden waren, liessen uns hoffen, während des Experimentirens am Rückenmark die von den Gefässnerven abhängigen Veränderungen im vasculären Systeme ausschliessen zu können. Die vornehmsten unter diesen Thatsachen sind folgende:

1. Der nervus cardiacus, welcher mit zwei Wurzeln vom vagus und vom laryngeus superior entspringt, ist ein sensibler Herznerv, welcher zugleich dadurch, dass er auf reflectorischem Wege den Tonus sämmtlicher Gefässe des Organismus lähmt, dem Herzen die Möglichkeit gewährt, von sich selber aus den Blutdruck im Organismus zu reguliren; um dieser Function willen haben wir ihn nervus depressor benannt.

2. Die nervi splanchnici sind die wichtigsten Gefässnerven des Organismus: ihre Durchschneidung reducirt den Druck in der Carotis auf ein Minimum, die Reizung ihrer peripherischen Enden kann diesen Druck verdoppeln.

In der Hoffnung, vermöge der Durchschneidung beider nervi splanchnici alle Veränderungen in den Gefässen während der Rückenmarkreizung ausschliessen zu können, haben wir die folgenden Experimente ausgeführt. An curarisirten Kaninchen haben wir zunächst die künstliche Respiration unterhalten und die nervi vagi, depressores und sympathici des Halses durchschnitten. Hierauf haben wir mit einem Ludwig'schen Manometer den Blutdruck der Carotis gemessen, sowie die Zahl der Herzschläge vor, während und nach der elektrischen Reizung des in der Höhe des Atlas vom Gehirn abgetrennten Rückenmarks bestimmt. Wir haben die Zahl der Pulse mit Hülfe einer Middeldorpf'schen Nadel und eines König'schen Stethoscops controllirt. Nachdem wir die durch die Reizung des Rückenmarks hervorgebrachte sehr beträchtliche Zunahme des Blutdrucks und der Frequenz der Herzschläge constatirt, schritten wir zur Durchschneidung beider Splanchnici unterhalb des Zwerchfelles. In Folge der Durchschneidung dieser Nerven sinken der Blutdruck und die Zahl der Herzschläge noch mehr als nach der alleinigen Durchschneidung des Rückenmarks. Die Reizung des Rückenmarks nach der Durchschneidung der nervi splanchnici erzeugt noch eine beträchtliche Beschleunigung der Herzschläge, ändert aber nicht den Blutdruck; die Excursionshöhe eines jedes Schlages hat beträchtlich abgenommen, während die Frequenz der Herzschläge zugenommen hat. In diesem Experimente hing die Beschleunigung der Herzschläge nicht mehr wie in demjenigen Bezold's von einer Reaction des Herzens gegen die Steigerung der Circulationswiderstände ab, d. h. sie konnte nur durch eine direkte Wirkung des Rückenmarks auf das Herz hervorgebracht sein. Um die

Bahnen zu bestimmen, auf welchen diese Einwirkung des Rückenmarks das Herz erreicht, exstirpirten wir sämmtliche Nerven, welche das Herz, durch Vermittelung der unteren cervikalen und oberen dorsalen sympathischen Ganglien, vom Rückenmarke erhält. Bei Wiederholung des weiter oben beschriebenen Experiments an den Kaninchen, denen diese Nerven exstirpirt worden waren, haben wir, während der Reizung des Rückenmarks und nach der Durchschneidung des Splanchnici, keinerlei Veränderungen weder in der Zahl der Herzpulse noch in dem mittleren Blutdrucke eintreten sehen. Dieser Versuch beweist, dass es diese Nerven sind, durch welche das Rückenmark seine beschleunigende Wirkung auf das Herz ausübt. (Wenn die Reizung allzulange anhält, beobachtet man, bei Kaninchen, deren Nerven exstirpirt oder unversehrt sind, eine unbedeutende Steigerung des mittleren Druckes um 2—3 mm., welche wahrscheinlich von einer Reizung der weiter abwärts als die Splanchnici belegenen Gefässnerven abhängt). Was die Exstirpation dieser Nerven anbelangt, so erzeugt sie keinerlei Aenderung weder in der Zahl noch in dem Werthe der Herzcontraktionen, wodurch bewiesen wird:

1. Dass diese Nerven nicht in continuirlicher Weise wirken,

2. Dass die beträchtliche Verringerung des Blutdrucks und die Verlangsamung der Herzpulsationen nach der Durchschneidung des Rückenmarks nur der durch diese Operation hervorgerufenen Lähmung der Gefässnerven zugeschrieben werden muss.

Es schien uns wichtig, die von uns auf dem Wege der Rückenmarksreizung gefundenen Thatsachen durch direkte Reizung der nervi cardiaci zu bestätigen. Die gleichartigen an Kaninchen und Hunden angestellten Versuche haben uns folgende Resultate geliefert:

1. Die elektrische Reizung des dritten Astes des unteren Cervicalganglions ruft bei den Kaninchen eine Beschleunigung der Herzschläge und eine Verminderung ihrer Excursionsweite hervor.

2. Die beiden ersten Aeste desselben Ganglions sind sensible Herznerven und bilden die Fortsetzung des nervus depressor.

3. Die Reizung des 4. Astes dieses Ganglions, welcher über die arteria subclavia hinwegläuft und mit einem fünften Aste desselben Ganglions den Vieussenschen Ring bildet, erzeugt eine leichte Steigerung des mittleren Blutdruckes, ohne die Zahl der Pulsationen zu verändern.

4. Bei den Hunden, deren Halssympathicus und Vagus in einer und derselben Scheide verlaufen, erzeugt die Reizung des zweiten Astes des unteren Cervicalganglions dieselben Veränderungen, wie die Reizung des dritten bei den Kaninchen.

Die bei den Hunden und bei den Kaninchen durch direkte Reizung der beschriebenen Nerven hervorgebrachte Pulsbeschleunigung ist weniger beträchtlich als die durch Erregung des Rückenmarks hervorgerufenen; was leicht erklärlich ist, da man in letzterem Falle zu gleicher Zeit sämmtliche nervi cardiaci reizt. Wir schlagen vor, diese Aeste des Cervicalganglions als Nervi acceleratores cordis zu bezeichnen.

Hinsichtlich der Natur ihrer Wirkungsweise lassen sich die folgenden Schlussfolgerungen aufstellen:

a) Sie sind nicht gewöhnliche, im Herzmuskel endende motorische Nerven:

1. Weil ihre Reizung keinen Herztetanus hervorruft;

2. Dieselbe steigert nicht einmal die Herzarbeit, denn, wie wir gesehen haben, nimmt die Excursionshöhe der Quecksilbersäule im Manometer ab, während die Zahl der Herzschläge zunimmt;

3. Das Herz besitzt in sich selbst excitirende Ganglien;

4. Curara lähmt diese beschleunigenden Nerven nicht.

b) Sie sind ebensowenig auf die Herzgefässe wirkende Nerven, da ein vollständiger Verschluss der Herzgefässe die Zahl der Pulsationen nicht ändert.

c) Es können dieselben nur in die Herzganglien auslaufende Nerven sein. Ihre Wirkung besteht in einer Aenderung der Arbeitsvertheilung des Herzens in der Zeit. Somit sind sie nur Antagonisten des Vagus, in dem Sinne nämlich, dass die Reizung dieses letzteren Nerven die Herzpulsation verlangsamt und gleichzeitig deren Grösse steigert, während die beschleunigenden Nerven die Herzschläge vermehren und zugleich deren Grösse vermindern.

Zahlreiche andere Versuche, sowie theoretische Gründe, auf deren Entwickelung wir hier verzichten müssen, sprechen zu Gunsten der hier gegebenen Interpretation der Wirkung dieser Nerven.

Unsere sämmtlichen Experimente sind in dem physiologischen Laboratorium des Herrn Prof. E. du Bois-Reymond in Berlin während der letzten Monate des Jahres 1866 angestellt worden.

---

6. Von dem Einflusse der Kohlensäure und des Sauerstoffes auf das Herz.

(Comptes rendus de l'Academie des Sciences. 1867.)

Die Versuche, welche ich im vorigen Jahre in Betreff des Einflusses der Temperaturänderungen ausgeführt habe, veranlassen mich die Wirkung des Sauerstoffs und der Kohlensäure auf dieses Organ zu studiren. Bereits haben mehrere Physiologen mit dieser sich beschäftigt, doch gelangten sie zu miteinander im Widerspruch stehenden Resultaten. Dieser Widerspruch ist in ihrer Beobachtungsmethode begründet, denn sie haben ihre Versuche an nicht aus dem Thierkörper entfernten Herzen angestellt, so dass die in den Kreislauf eingeführten Gase gleichzeitig auf das Centralnervensystem und auf die Blutgefässe einwirkten. Da ich eine Methode gefunden hatte, welche es gestattet, die Functionen des Herzens ausserhalb des Organismus während eines sehr langen Zeitraumes (24 bis 48 Stunden) und zwar ohne dass das Herz seine normale Thätigkeit

einbüsst, zu beobachten, durfte ich hoffen, günstigere Resultate zu erlangen. Diese Versuchsmethode ist mit aller Ausführlichkeit beschrieben in der Abhandlung*) über meine im Laboratorium des Herrn Prof. Ludwig ausgeführten, den Einfluss der Temperaturänderungen auf das Herz betreffenden Untersuchungen. Diese Methode bestand, kurz gesagt, in Folgendem: Nach Ausschneidung des Herzens eines Frosches, setzte ich dasselbe mit einem Systeme Glasröhren und mit einem kleinen Quecksilbermanometer in Communication. Der Apparat war derartig eingerichtet, dass man die in dem Herzen enthaltene Flüssigkeit abwechselnd aus der Aorta in die Hohlvene oder aus der Aorta in das Manometer übertreten lassen konnte. Zur Ernährung des Herzens bediene ich mich des Serums von Kaninchenblut. Ein unter solche Bedingungen versetztes Herz kann mit gleichmässiger Kraft 24 oder selbst 48 Stunden lang fortarbeiten, vorausgesetzt, dass das Serum von Zeit zu Zeit gewechselt werde.

Im Laufe meiner Versuche bediente ich mich vorzugsweise folgender Verfahrungsweisen. Das Serum zweier Kaninchen wurde in zwei gleiche Portionen getheilt, deren eine mit Kohlensäure, die andere mit Sauerstoff gesättigt wurde. Nachdem ich gefunden, dass das mit Sauerstoff gesättigte Blut dieselben Eigenschaften besitzt wie solches, durch welches man atmosphärische Luft hat streichen lassen, habe ich mich öfters dieses letzteren bedient. Das Herz wurde abwechselnd mit der einen oder anderen dieser beiden Serumarten gespeist, und die verschiedenen durch das Manometer verzeichneten Curven gaben mir die im Herzen vor sich gehenden Veränderungen an. Um jeden Irrthum zu vermeiden, habe ich in einem gegebenen Augenblicke das bereits zur Verwendung gekommene, mit Kohlensäure gesättigte Serum wieder oxygenirt, und vice versa. Alle Beobachtungen, über die ich berichten werde, beziehen sich auf eine Dauer von nur 20—30 Minuten.

Meine Beobachtungen haben mir den Beweis geliefert, dass der Contact des mit Kohlensäure gesättigten Blutes mit der inneren Herzoberfläche ein plötzliches Stillestehen des Herzens in der Diastole bewirkt. Entleerung dieses Serums oder sein Ersatz durch oxygenirtes brachte die Bewegungen des Herzens wieder in Gang. Der durch das mit Kohlensäure saturirte Blut bewirkte Stillstand konnte nur von einer Lähmung der die Herzbewegungen anregenden Ganglien, oder aber von einer Erregung der Endigungen der nervi pneumogastrici herrühren, denn die Muskulatur des Herzens hatte, wenigstens im Beginne des Stockens der Bewegungen, ihre Irritabilität nicht eingebüsst. Folgende Thatsachen wiesen deutlich darauf hin, dass der Stillstand des Herzens aus der zweiten von diesen beiden Ursachen hervorging:

1. Die plötzliche Unterbrechung der Herzschläge in der Diastole.
2. Die Möglichkeit, während dieses Stillstandes, durch reflectorische Reizung des Herzens isolirte Contractionen hervorzurufen.
3. Die plötzliche Wiederkehr der Bewegungen nach der Austreibung des mit Kohlensäure gesättigten Serums.

*) Siehe oben Abhandlung 1.

4. Der Charakter dieser neuen Contractionen. Ebenso wie nach dem auf Reizung des Vagus erfolgenden Stillstande des Herzens war die Amplitude dieser Contractionen beträchtlicher als vor dieser Erregung, und dieselben waren anfangs durch ziemlich lange Pausen unterbrochen.

Da ich in den früheren Versuchen nachgewiesen (s. o.), dass das in grosser Dose dem Serum beigemischte Curare die Endigungen der Vagi lähmt, besass ich ein Mittel meine Schlussfolgerungen über die Wirkungsweise der Kohlensäure in direkter Weise zu controliren. Ich füllte das Herz mit einem mit Kohlensäure gesättigten Serum an, welchem eine starke Curaredosis beigemischt war. Ich hoffte auf diese Weise zu beobachten, dass, wenn die Säure die Endigungen der Vagi erregte, sie dieses nicht mehr würde thun können, falls diese Endigungen gelähmt wären. In der That hat ein mit solchem Serum angefülltes Herz nicht aufgehört zu schlagen; aber seine Schläge waren sehr schwach, zumal anfangs; die Bewegungen des Herzens waren öfters sogar peristaltisch, d. h., indem die verschiedenen Theile des Herzens sich nicht gleichzeitig zusammenzogen, konnte der Ventrikel sich nicht entleeren und die Quecksilbersäule nicht heben. Sobald ich durch dasselbe Serum einen zur Vertreibung der gesammten Kohlensäuremenge hinreichenden Strom von Sauerstoff streichen liess, fing das Herz von Neuem an regelmässig zu schlagen.

Diese Experimente beweisen, dass die Kohlensäure das Herz zum Stillestehen bringt, indem sie die Endigungen der Vagi erregt. Aber es handelte sich darum zu erfahren, welcher Ursache die Unregelmässigkeit der Bewegungen eines mit einem Kohlensäure- und Curarehaltigen Serum angefüllten Herzens zugeschrieben werden müsse. Die nach dem Durchgange oxygenirten Serums erfolgende Wiederherstellung der Regelmässigkeit der Bewegungen beweist, dass es die Abwesenheit des Sauerstoffs im Serum war, welche jene Unregelmässigkeit der Herzbewegungen hervorgebracht hatte.

Um diese Schlussfolgerung sicherer zu begründen, habe ich das Herz mit einem Serum angefüllt, welches mit einem indifferenten Gase, nämlich Stickstoff gesättigt war. In diesem Falle contrahirt das Herz sich anfangs ziemlich schwach, hierauf mit grösserer Intensität. Aber diese der vorhergehenden Schlussfolgerung scheinbar widersprechende Thatsache verträgt sich sehr wohl mit derselben; denn es ist ja möglich, dass das Herz, in diesem Falle, durch seine äussere Oberfläche Sauerstoff aufnehme. Und in der That, hüllte ich das Herz in eine Stickstoffatmosphäre (indem ich einen Strom dieses Gases rings um dieses Organ streichen liess), so blieb dasselbe nach einigen schwachen Zusammenziehungen stehen,

Meine Experimente beweisen mithin, dass die Kohlensäure die Eigenschaft besitzt die Hemmungscentren des Herzens zu erregen, oder, was damit gleichbedeutend ist, die Widerstände zu vergrössern, welche sich im Herzen selbst seinen Contraktionen entgegenstellen. Ausserdem beweisen dieselben, dass die Gegenwart des Sauerstoff's im Blute erforderlich ist, damit die Herzcontractionen in regelmässiger Weise von Statten gehen, d. h. damit sie eine nützliche Arbeit vollbringen.

Es fragt sich nun, ob die Gegenwart des Sauerstoffs erforderlich ist

zur Entwickelung der bewegenden Kräfte oder aber zur Erregung der motorischen Herzganglien. Neuere Arbeiten Hermann's (in Berlin) haben erwiesen, dass die Gegenwart des Sauerstoffs zur Vollziehung der Muskelcontractionen nicht erforderlich ist: sie haben ausserdem bewiesen, dass die Bildung der Kohlensäure während der Zusammenziehung nicht von einer Oxydation, sondern von einem Spaltungsprocesse gewisser Muskelsubstanzen abhängt. Auf Grundlage seiner zahlreichen Versuche hat Hermann die Hypothese aufgestellt, dass die Kräfteentwickelung während der Contraction nicht, wie man bis jetzt annahm, von einer Oxydation abhängt, sondern von einer Sättigung der stärkeren Affinitäten, eine Folge der Spaltung einer chemischen Verbindung, wie z. B. die Wärmeentwickelung während der Spaltung des Zuckers in Alcohol und Kohlensäure.

Ohne mich der Ansicht Hermann's rückhaltslos anzuschliessen, bin ich indessen genöthigt einzuräumen, dass die Experimente, in welchen ich mit Kohlensäure gesättigtes und mit Curare gemischtes Serum verwendete, mit den von diesem Physiologen erhaltenen Resultaten zum Theil im Einklange stehen. In der That haben wir gesehen, dass das von diesem Serum erfüllte und auf solche Weise des Sauerstoff's beraubte Herz, sich, wenn auch in unregelmässiger Weise, zusammenzuziehen fortfährt, d. h. dass, obwohl das Herz unter diesen Bedingungen keine nützliche Arbeit leistet, seine peristaltischen Bewegungen dennoch beweisen, dass es bewegende Kräfte zu entwickeln fortfährt.

Welcher Ansicht man über den Werth der Hermann'schen Hypothese auch sein möge, so ist doch durch seine Versuche und durch meine weiter oben erwähnte Beobachtung erwiesen, dass die Gegenwart des Sauerstoffs zur Hervorbringung der Muskelcontractionen nicht durchaus unerlässlich ist. Es bleibt uns also nichts Anderes übrig als anzunehmen, dass die Gegenwart des Sauerstoffs im Blute zur Erregung der motorischen Herzganglien unerlässlich ist. Sauerstoff-Mangel, oder Anwesenheit von Sauerstoff in ungenügender Menge macht regelmässige und gleichzeitige Herzcontractionen unmöglich.

Meine früheren, den Einfluss der Wärme auf das Herz betreffenden Versuche zeigten, dass jede Steigerung der Temperatur eine Erregung seiner motorischen Ganglien bewirkt. Man kann sich also die Frage vorlegen, ob der Sauerstoff diese Ganglien nicht lediglich dadurch erregt, dass er Wärme erzeugt? Neuen Untersuchungen, welche nicht anders als nach erneuerten Beobachtungen über die Rolle der Blutgase werden unternommen werden können, bleibt es vorbehalten diese Frage zu entscheiden.

Einstweilen haben meine Experimente erwiesen, dass Sauerstoff vor Allem die motorischen Herzganglien erregt, während Kohlensäure in gleicher Weise auf die Hemmungsganglien wirkt.

Diese Experimente sind im Laboratorium des Herrn Prof. Claude Bernard, im Collège de France, ausgeführt worden. Ich ergreife diese Gelegenheit, um dem verehrten Meister meinen Dank für sein mir bewiesenes Wohlwollen sowie für das mir zur Disposition gestellte Material seines Laboratoriums auszusprechen.

Fig. 1.

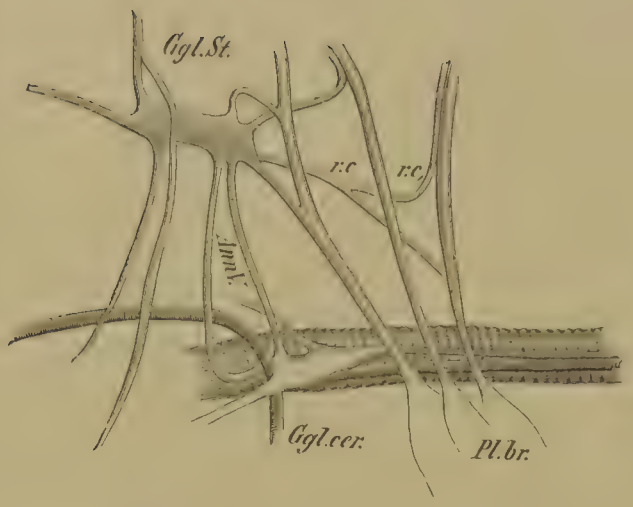
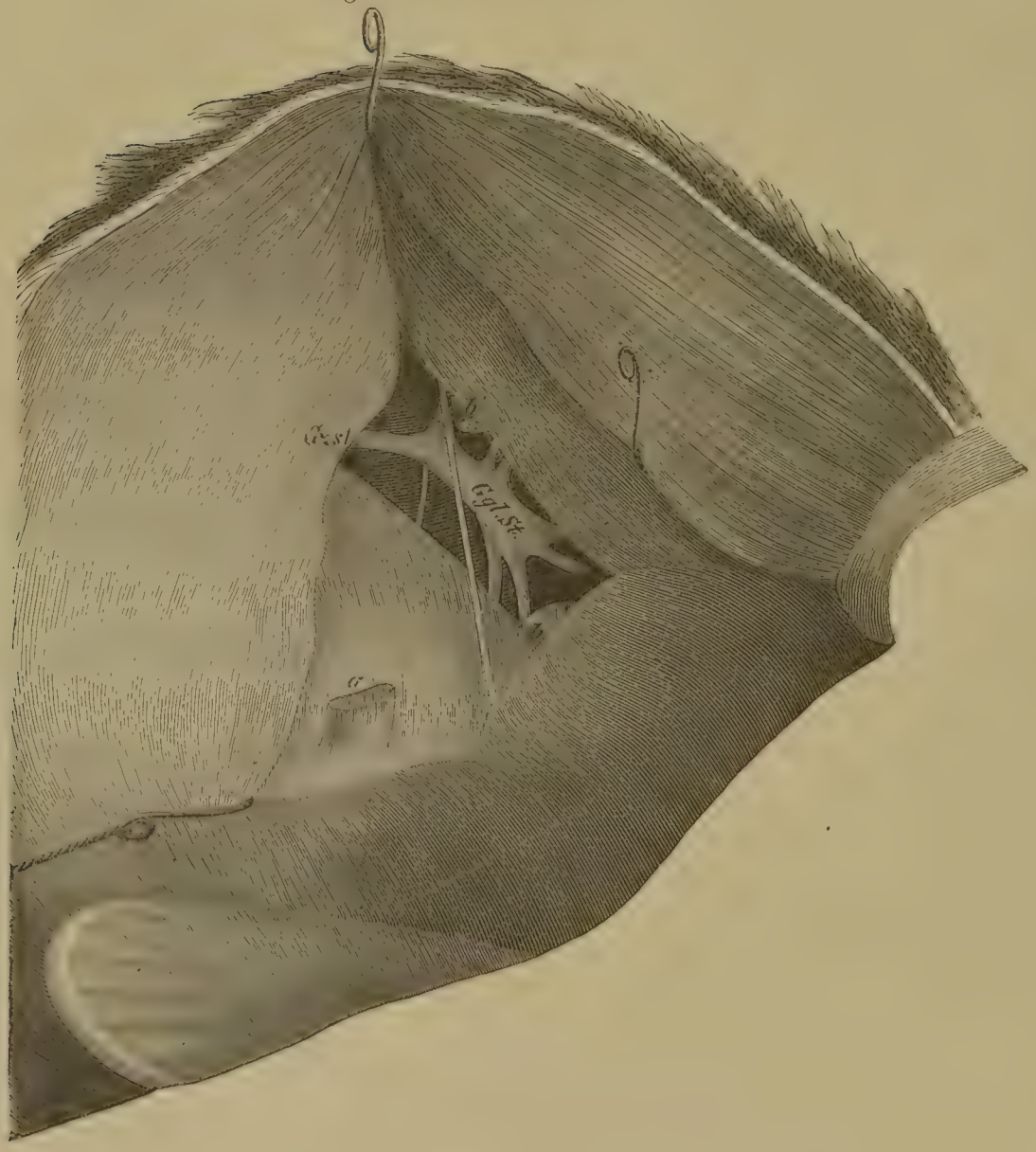
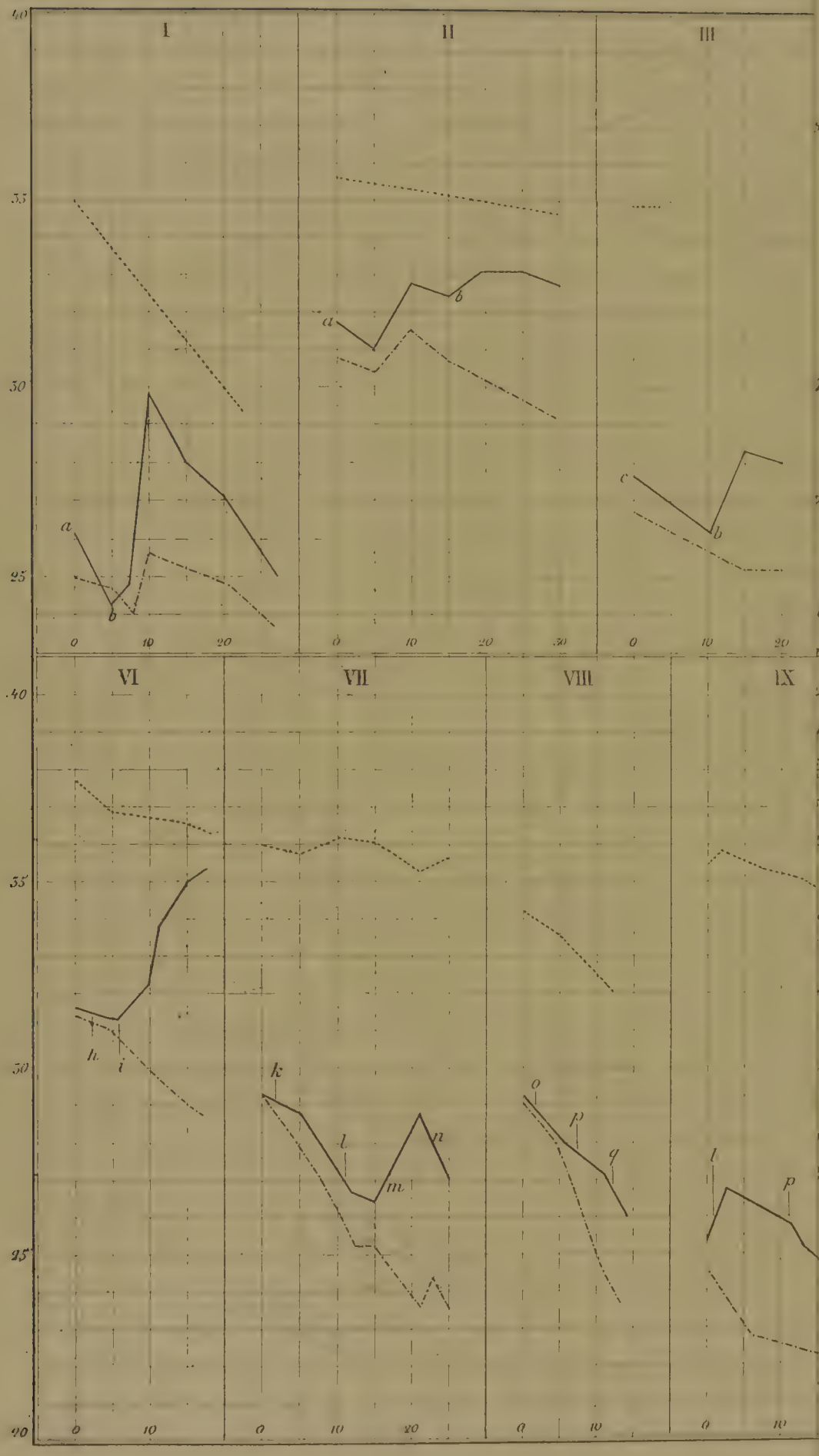


Fig. 2.





schnitten

Th. III.

vert.

Gangl. stell.

6. Wirbel.

5. Wirbel.

zigung mit d.

mm. Th. III.

g. m. d. R. c. Th. III.

2. Ganglion.

Ganglion.

2. Ganglion.

7. Wirbel.

Gangl. stell.

Linien.

n Seite

e.

Inst. v. Alb. Schütze, Berlin.

7. Ueber die Wurzeln, durch welche das Rückenmark die Gefässnerven für die Vorderpfote aussendet.

(Berichte d. Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissensch. Leipzig 1868.)

(Mit 2 Tafeln.)

Als Cl. Bernard durch eine Reihe ebenso scharfsinniger als fruchtbarer Arbeiten die gefässbewegenden Eigenschaften des Nerv. sympathicus aufdeckte, zog er in den Kreis seiner Untersuchungen auch die Frage nach dem Ursprung der sympathischen Fasern, welche in die Extremitäten übergehen.*) Die Resultate, zu denen er gelangte, sind in Kürze die folgenden:

Durchschneidung des Plexus lumbosacralis oder auch nur des Nervus ischiadicus bedingte Blutfülle mit Temperaturerhöhung in dem gelähmten Bein. Wenn aber sämmtliche Wurzeln durchschnitten wurden, welche die hintere Extremität mit motorischen und sensiblen Wurzeln versehen und zwar vor ihrer Vereinigung mit dem Grenzstrang, so traten keine Veränderungen in den Gefässen der Extremität ein. Diese Gefässe erweiterten sich aber sofort nach der nachträglichen Trennung des Nervus ischiadicus. Ebenso erfolgte eine augenblickliche Temperaturerhöhung in der hinteren Extremität, wenn Bernard in der Lendengegend den Grenzstrang des Sympathicus durchschnitt, ohne dabei die Spinalnerven zu verletzen. Aehnliche Resultate erhielt Bernard an der vorderen Extremität. Die Durchschneidung der drei untersten Hals- und der zwei obersten Brustwurzeln veranlasste keine Veränderungen im Lumen der Gefässe der vorderen Extremität; dagegen traten solche Veränderungen sofort ein, wenn er den Plexus brachialis unterhalb der Rami communicantes durchtrennte. Zerstörung des obersten Brustganglions hatte denselben Erfolg. — Aus diesen Versuchen schloss Cl. Bernard, dass die Gefässnerven sämmtlich zunächst aus dem Grenzstrang des Sympathicus stammen.

Gleich nach Veröffentlichung der Bernard'schen Versuche theilte Schiff**) der Pariser Akademie einige Berichtigungen dieser Versuche mit. — Namentlich behauptete Schiff im Widerspruch mit Bernard, nach Durchschneidung der vorderen Wurzeln für den N. ischiadicus eine beträchtliche Temperaturerhöhung am Fusse und am unteren Theile des Unterschenkels beobachtet zu haben. Desgleichen soll nach Schiff Durchschneidung der vorderen Wurzeln für die vordere Extremität Temperaturhöhung der Hand und des unteren Theiles des Vorderarms hervorrufen. — So weit behauptet also Schiff gerade das Gegentheil von dem, was Bernard beobachtete. Dagegen gab Schiff zu, dass in dem Grenzstrang

*) Cl. Bernard, Recherches experimentales sur les nerfs vasculaires etc. Comptes rendus 1862. Journal de la physiologie, 1862.

**) Comptes rendus 1862.

in der Regel die Gefässnerven für den Oberschenkel und den oberen Theil des Unterschenkels und ebenso für den Oberarm und den oberen Theil des Vorderarmes verlaufen. Diese Nerven sollen aus den Intercostalwurzeln in den Grenzstrang eintreten. Zuweilen sollen auch aus den letzteren Nerven Vasomotoren für die Pfoten hervorgehen.

Beide Beobachter befanden sich demnach allerdings in einem Widerspruch, jedoch nur in einem gradweisen, indem Bernard eine gänzliche, Schiff dagegen nur eine theilweise Verschiedenheit im Ursprung der Nerven für die Gefäss- und Skelettmuskeln annahm.

Auf Vorschlag des Herrn Prof. Ludwig nahm ich diese Frage von Neuem auf, weniger um die Angaben Cl. Bernard's einer erneuten Prüfung zu unterziehen, als vielmehr in der Hoffnung bei dieser Gelegenheit nähern Aufschluss zu erhalten über diejenigen Wurzeln der Spinalnerven, durch welche die betreffenden Gefässnerven das Rückenmark verlassen. Darüber nämlich, dass auch die aus dem Grenzstrang hervorgehenden vasomotorischen Nerven aus dem Rückenmarke entspringen, konnte man nach den übereinstimmenden Erfolgen nicht zweifelhaft sein, welche Ludwig und Thiry*) bei Reizung und Durchschneidung des Halsmarks erhalten hatten.

Ich musste mich vorläufig damit begnügen, den Ursprung der Gefässnerven für die Vorderpfoten zu untersuchen. Eine Ausdehnung der Arbeit auf die hintere Extremität musste ich anderer Beschäftigungen wegen auf eine spätere Zeit verschieben.

Von den verschiedenen Mitteln, welche man zur Prüfung der Abhängigkeit eines Gefässbezirks von einem bestimmten Nerven in Anwendung zu ziehen pflegt, bediente ich mich der Durchschneidung des Nerven und der Temperaturmessung. Die letztere Bestimmung führte ich gleichzeitig an den beiden Extremitäten und im After aus. Die verwendeten Thermometer waren von Geissler angefertigt; an ihnen konnten Zehntel eines Grades unmittelbar abgelesen werden; ihre Quecksilbergefässe waren so klein, dass sie zwischen zwei Zehen eines mässig grossen Hundes vollkommen Platz hatten. Die an die Extremitäten gesetzten wurden beiderseits zwischen je zwei gleichnamige Zehen gesteckt und daselbst durch einen Faden festgehalten, welcher um die Nägel der Zehen geschlungen war.

Mit Hilfe der ebenerwähnten Thermometer wurde also selbstverständlich nicht die Temperatur der gesammten Pfote, sondern nur die einer besonderen Stelle gemessen. Da jedoch kein Grund vorliegt, warum man der Haut zwischen zwei Fingern ein besonderes Verhalten anweisen sollte, so dürfte man wohl berechtigt sein, die Angaben, welche am Thermometer abgelesen wurden, mindestens auf die ganze Pfote zu beziehen.

Da die Messung an drei Orten ausgeführt wurde, so konnte nicht allein der Temperaturunterschied der beiden Pfoten, sondern auch derjenige zwischen den Pfoten und dem Herzblut bestimmt werden. Der letztere Unterschied und namentlich der, welcher zwischen dem Wärmegrad der Pfote auf der operirten Seite und demjenigen des Blutes besteht, muss

*) Wiener Sitzungsberichte. 49. Band. 1864.

darum, wie ich glaube, ermittelt werden, weil der Beweis, welcher für die Abhängigkeit eines Gefässbezirks von einem durchschnittenen Nerven erbracht werden soll, auf diesem Unterschiede beruht. Denn je näher die Temperatur in den betreffenden Orten derjenigen im Herzen selbst tritt, um so rascher ist der Blutstrom auch in den Gefässen jener Stellen geworden. Wie wichtig es nun auch zu wissen ist, ob sich ein grösserer Temperaturunterschied, der vor der Durchschneidung eines Nerven bestand, in einen kleinern nach Vollendung der genannten Operation verwandelt habe, so reicht dennoch in den von mir zu behandelnden Fällen diese Kenntniss nicht aus. Die Nervenmassen, die ich zu durchschneiden gezwungen war, üben bekannter Massen auch noch auf andere Gefässe, als die der Pfote, einen bemerkenswerthen Einfluss, dieses gilt namentlich von dem Grenzstrang der Brusthöhle, welcher den Unterleibsgefässen Nerven zuführt; nun steht aber durch andere Versuche fest, dass vermöge einer Erweiterung der kleinen Arterien in den Baucheingeweiden die Blutmasse, welche durch die Arterien des Kopfes und der Extremitäten fliesst, wesentlich vermindert wird. Wir werden demnach zu erwarten haben, dass nach Durchschneidung des Grenzstrangs und seiner Wurzeln eine Erniedrigung des Wärmegrades in den Extremitäten eintritt. Diese Herabsetzung muss jedoch, soweit unsere Einsicht reicht, gleichmässig in den beiden vorderen Extremitäten stattfinden; wir werden darum einen Maassstab für sie erhalten, wenn wir auch noch die Aenderungen der Temperatur in der Pfote ermitteln, welche auf der nicht operirten Seite befindlich ist. Diese letztere Behauptung setzt die allerdings nicht streng bewiesene Annahme voraus, dass die Abkühlungsursachen in den beiden vorderen Extremitäten nach Zeit und Stärke gleichmässig fortgeschritten sind. — Meine sämmtlichen Versuche sind an Hunden angestellt, die mit Curare vergiftet und durch die künstliche Respiration am Leben erhalten wurden. Der Gebrauch des Curare rechtfertigte sich durch den Vortheil, den die Unbeweglichkeit der Thiere für die genaue Temperaturmessung darbietet. Die bei Vergiftung mit Curare gewöhnlich eintretende Verengung der kleinen Arterien konnte auch insofern von Nutzen sein, als durch den Contrast zwischen der in Folge von Nervendurchschneidung eintretenden Gefässerweiterung der einen Extremität und der durch Curare gesteigerten Gefässverengerung der anderen Extremität der Temperaturunterschied schärfer hervortreten konnte.

Eine erste Versuchsreihe stellte ich an, um den Einfluss der drei letzen Hals- und der zwei obersten Brustwurzeln zu prüfen; die Operation führte ich genau nach den Angaben aus, welche Cl. Bernard für seine Versuche gegeben hat. Aus einer grösseren Zahl von Beobachtungen führe ich als Beispiele die Versuche I und II an. Sie sind graphisch in der Tafel IV und nach ihren Zahlenwerthen in der angehängten Tabelle dargestellt.

Aus der Betrachtung der Figuren und Zahlen geht hervor, dass nach der Durchschneidung der genannten fünf Wurzeln die Temperatur in der Pfote auf der operirten Seite etwa um einen Grad höher ist als in der nichtoperirten Seite. Dieser Befund stimmt allerdings nicht mit der Angabe Cl. Bernard's, welcher in der Regel das umgekehrte gesehen hat. Aber trotzdem möchte ich aus dieser Abweichung keinen Beweis gegen

die Schlussfolgerung des französischen Physiologen ziehen. Denn abgesehen von dem geringen Werthe des Temperaturunterschiedes spricht noch ein anderer Umstand gegen die Annahme, dass die Durchschneidung der genannten Wurzeln zu einer Gefässerweiterung in der Pfote geführt habe. Dieser besteht darin, dass in der fortschreitenden Zeit, während welcher das Thier vollkommen ruhig lag, die Pfotentemperatur auf der operirten Seite zuweilen unter die auf der nicht operirten herabsank, wofür sich in Versuch I ein Beispiel findet.

Die Ausrottung des ersten Brustganglions ruft dagegen augenblicklich eine beträchtliche Temperatursteigerung in der Pfote auf der operirten Seite hervor, so dass zum Mindesten darüber kein Zweifel besteht, dass die Nerven der Pfotengefässe ganz vorzugsweise aus jenem Ganglion hervortreten.

Um dem ersten Brustganglion die Bedeutung gegen alle Einwürfe sicher zu stellen, welche ihm zuerkannt wurde, war jedoch noch ein weiterer Versuch nothwendig.

Die anatomische Untersuchung der betreffenden Partie hatte mir ergeben, dass das erste Brustganglion ausser den bisher genannten noch mit anderen Wurzeln durch Rami communicantes in Verbindung steht und zwar auf folgende Weise. Ein oberer Ramus communicans dieses Ganglions theilt sich in zwei Zweige, von welchen der eine zur sechsten Halswurzel geht, der andere sich an die Art. vertebralis anschliessend, weiter nach oben bis an den zweiten Halswirbel läuft und in seinem Verlaufe mit den verschiedenen Halswurzeln Verbindung eingeht. Ausserdem steht das Ganglion stellatum noch in Verbindung mit der dritten Brustwurzel und zwar vermittelst eines sehr starken Ramus communicans. Eine genaue Darstellung der Lage und der Verästelung des Ganglion stellatum befindet sich auf den beigefügten anatomisch. Tfln. II u. III angegeben. Um den Verlauf des eben erwähnten Ramus communicans zeigen zu können, ist derselbe in der Zeichnung etwas über die Arteria vertebralis gezogen. (Siehe unten die Erklärung der Figuren.) — Es war also nothwendig, um das ganglion stellatum vollständig von den Wurzeln, die den plexus brachialis bilden, zu trennen, auch die dritte Brustwurzel bei den Versuchen durchzuschneiden. Versuch III zeigt aber, dass auch diese Durchschneidung an dem oben angeführten Resultate der Versuche nichts zu ändern vermag.

Nachdem ich mich so von der vollkommenen Richtigkeit der Bernard'schen Angaben überzeugt zu haben glaubte, versuchte ich die Frage zu lösen, durch welche Rami communicantes das Ganglion stellatum diejenigen Gefässnerven erhält, welche es der vorderen Extremität übermittelt.

Um mit Bequemlichkeit zum Ganglion und seinen zuführenden Aesten gelangen zu können, wurde das curarisirte Thier in der Bauchlage befestigt. Durch eine Unterlage unter den Brustkorb wurde dem Thiere eine nach vorn ziemlich stark geneigte Lage gegeben. Sodann machte ich in der Mitte zwischen den Wirbeln und dem innern Rande der Scapula einen ergiebigen halbrunden Hautschnitt, dessen Convexität den Wirbeln zugewendet war und dessen stärkste Ausbuchtung den Winkel des Schulterblatts umgab. Darauf trennte ich den musculus levator anguli scapulae dicht an seiner unteren Insertionsstelle vom Schulterblatt

und gewann dadurch die Möglichkeit, die operirte Extremität schräg über die vordere Halspartie hinweg nach der anderen Seite herüberzuziehen und so das Schulterblatt beträchtlich vom Brustkorbe zu entfernen. Die fünf ersten Rippen lagen dann in ihrer hinteren Hälfte ganz frei und dem Operiren leicht zugänglich. Nachdem ich das hintere Drittheil der beiden ersten Rippen resecirt und die betreffenden Intercostalwurzeln entfernt hatte, bot es keine Schwierigkeiten mehr, das ganglion stellatum vorsichtig frei zu präpariren und zu isoliren. Für eine leichtere und sorgfältigere Isolation dieser Nerven ist es wünschenswerth, die Pleura bei der Resection der Rippen nicht zu verletzen. Ich erreichte dies dadurch, dass ich die Rippen erst nach vorheriger Ablösung des Periostes resecirte. Bei einiger Uebung lässt sich die subperiostale Resection der Rippen ohne Schwierigkeiten ausführen. Um sich das Aufsuchen des Ganglions zu erleichtern, darf man nur den Intercostalnerven folgend den Grenzstrang und dann das Ganglion aufsuchen. Es ist für den Ungeübten überhaupt rathsamer das Ganglion von unten aufzusuchen, da man sonst leicht in gefährliche Collision mit den Vertebralgefässen geräth.

Nachdem ich sämmtliche rami communicantes aufgesucht hatte, führte ich unter jeden einen Faden, an dem ein Stückchen Papier mit der entsprechenden Nummer befestigt war. Bei der Durchschneidung der rami communicantes blieb dieser Faden am peripherischen (im Verhältniss zum Ganglion) Theil des Nerven hängen, so dass ich nach Beendigung des Versuchs immer an der Leiche constatiren konnte, welcher ramus communicans zu einer bestimmten Zeit durchschnitten war. Nun wurde die operirte Extremität in ihre normale Lage gebracht, die Wunde geschlossen und die Temperatur der beiden Extremitäten während einiger Zeit unter einander verglichen. Nach einer solchen Temperaturmessung wurde die Wunde schnell wieder eröffnet, der gewünschte ramus communicans mit einer feinen Scheere durchschnitten, sodann die Wunde geschlossen und während längerer in der Tabelle angegebenen Zeit Temperaturmessungen der beiden Extremitäten gemacht.

Die Versuche IV, V und VI stellen Beispiele solcher Versuche dar. Versuch IV zeigt, dass Durchschneidung des untersten Zweiges des Ganglions, der aus der Vereinigung des Grenzstrangs mit dem ramus communicans der dritten Brustwurzel entsteht, eine beträchtliche Gefässerweiterung der vorderen Extremität veranlasst, die sich durch eine sofortige Temperaturerhöhung um 2,8° kund giebt; im Verlaufe von 23 Minuten steigt der Temperaturunterschied zwischen den beiden Pfoten bis zu 6,8°. Durchschneidung der übrigen rami communicantes hatte keine grössere Steigerung zur Folge, im Gegentheil die Temperaturdifferenz der beiden Extremitäten fing an sich etwas auszugleichen, um dann bei Durchschneidung des oben beschriebenen vertebralen Zweiges des Ganglions auf 7,7° bis 9,3° zu gelangen.

Versuch V zeigt, dass die bei der Durchschneidung des untersten Zweiges des Ganglions eintretende Gefässerweiterung einzig und allein von der Durchtrennung des sympathischen Grenzstrangs abhängig ist. Versuch VI ergab dasselbe Resultat.

Diese Versuche, wie mehrere ähnliche, zeigten also im Widerspruch mit den Schiff'schen Versuchen, dass die Gefässnerven für die

Pfote der vorderen Extremität im Grenzstrange verlaufen und erst von unten her in das ganglion stellatum treten. Diese Versuche erklären auch den Widerspruch, in welchen die Resultate Bernard's zu dem bekannten Verlauf der Gefässnerven im Rückenmark zu stehen scheinen. Da die Gefässnerven für die vordere Extremität erst unterhalb der dritten Brustwurzel das Rückenmark verlassen und von unten her durch den Grenzstrang und das ganglion stellatum zum plexus brachialis treten, so konnte die Durchschneidung der drei letzten Hals- und der drei ersten Brustwurzeln von keinem Einflusse auf die Gefässe sein.

Durch diese Versuche war also der Zweck meiner Untersuchung erledigt. Ich theile hier noch einige Versuche mit, die angestellt worden sind, zu eruiren, an welcher Stelle die Gefässnerven der vordern Extremität aus dem Rückenmark zum Grenzstrang treten. Wie aus Versuchen VII bis XI, die ich als Beispiel anführe, ersichtlich, scheint diese Austrittsstelle der Gefässnerven inconstant zu sein. Während in den Versuchen VII und VIII die Durchschneidung des Grenzstrangs zwischen der 5. und 6. resp. zwischen der 4. und 5. Rippe fast gar keinen Einfluss auf das Lumen der Gefässe der vorderen Extremität hatte, erzeugte diese Durchschneidung des Grenzstrangs zwischen der 4. und 5. Rippe in den Versuchen IX, X und XI schon beträchtliche Erweiterungen in den Gefässen; Erweiterungen, die bei nachheriger Durchschneidung des Grenzstrangs zwischen der 2. und 3. Rippe nicht mehr zunahmen. Versuch XI zeigt sogar eine Erweiterung der Gefässe bei Durchschneidung zwischen der 6. und 7. Rippe. Diese Erweiterung nahm zu bei der Trennung zwischen der 5. und 6. Rippe und erreichte sein Maximum bei Durchschneidung zwischen der 4. und der 5. Rippe. Ich will nur darauf aufmerksam machen, dass im Versuch VIII, in welchem die Durchschneidung des Grenzstrangs zwischen der 4. und 5. Rippe gar keine Veränderung des Gefässlumens hervorrief, diese Veränderung sofort bei der Durchschneidung des ramus communicans zum zweiten Ganglion des Grenzstrangs eintrat und dann bei Durchschneidung dieses Ganglions nicht mehr zunahm. Wenn es noch eines directen Beweises für den Austritt der Gefässnerven aus dem Rückenmark bedürfte, so wäre ein solcher Beweis durch diesen Versuch geliefert.

Im Versuch X dagegen machte die Durchschneidung des ramus communicans zum zweiten Ganglion keine Erweiterung der Gefässe, während eine solche sofort nach der Durchschneidung des Grenzstrangs unterhalb dieses Ganglion eintrat.

Diese Versuche ergeben also, dass die Gefässnerven für die obere Extremität durch die mittleren Dorsalwurzeln zum Grenzstrang gelangen und dass bei verschiedenen Thieren der Verlauf dieser Nerven insofern variirt, als dieselben durch verschiedene dieser Wurzeln austreten können. Diese Inconstanz darf bei den sonstigen bekannten Abweichungen im Bereich des Grenzstrangs bei verschiedenen Individuen nicht besonders überraschen.

Durchschneidung eines einzelnen Ramus communicans des ersten Brustganglions zum plex. brachialis hat keine merkliche Gefässerweiterung zur Folge, auch wenn diese sofort eintritt bei Durchschneidung des

Grenzstranges selbst; dagegen veranlasst die gleichzeitige Durchtrennung sämmtlicher rami communicantes eine solche Erweiterung auch ohne Durchschneidung des Grenzstrangs.

Daraus folgt also, dass die Gefässnerven aus dem ganglion stellatum zum plexus brachialis durch mehrere rami communicantes gehen.

Der zeitliche Verlauf, welchen die Temperaturänderung in der Pfote der operirten und nicht operirten Seite darbietet, ist zwar kein streng regelmässiger, aber dennoch lässt sich eine Gesetzmässigkeit nicht verkennen.

Betrachten wir zunächst den Gang der Wärme in der Pfote auf der gesunden Seite, so finden wir in der Regel, dass die Temperatur mit der wachsenden Zeit abnimmt, und dass dieses geschieht, gleichgiltig ob die Temperatur im After constant bleibt oder absinkt. Diese Abkühlung der Pfote auf der gesunden Seite scheint öfter, wie man bei einer Durchsicht der Curventafel IV gewahren wird, in beschleunigtem Maasse einzutreten, wenn in Folge einer Nervendurchschneidung in der entgegengesetzten Pfote die Temperatur rasch anwuchs: doch ist dies keineswegs immer der Fall.

Betrachtet man den Verlauf der Temperaturänderung in der Pfote der operirten Seite, so sieht man auch hier das Thermometer so lange in einer sinkenden Bewegung begriffen, bis einer der Gefässnerven durchschnitten ist, welcher der Pfote angehört. Von diesem Zeitpunkt an tritt gewöhnlich ein rasches Steigen ein, dass jedoch niemals zu dem Wärmegrade führt, welchen das Thermometer im After anzeigt. Nachdem das zwischen den Fingern sitzende Thermometer einige Zeit hindurch seine steigende Bewegung bewahrt hat, beginnt es nun eine solche im umgekehrten Sinn. Dieser Abfall prägt sich vorzugsweise stark aus, wenn auch die Temperatur im After abnimmt. In der Pfote der operirten Seite bleibt jedoch, auch wenn die Temperatur im After constant war, dieses zweite Sinken nicht aus, vorausgesetzt jedoch, dass die Beobachtung lange genug fortgesetzt wurde.

Das Auftreten des plötzlichen Sinkens der Wärme in der Pfote der nicht operirten Seite, wenn die Temperatur in der anderseitigen Pfote plötzlich anstieg, und das Abfallen der Temperatur in der letztgenannten Pfote, nachdem sie dort ein Maximum erreicht, dürfte sich am ungezwungensten dadurch erklären lassen, dass der Blutstrom durch die Extremitäten ein schwächerer wird, weil das Blut aus der Aorta nach andern Seiten hin, wie namentlich nach dem Unterleib mit geringern Widerständen abzufliessen vermag; den Erklärungsgrund, welchen ich hier den Thatsachen unterschiebe, betrachte ich jedoch keineswegs als einen definitiven. Ich habe mich über diese Erscheinungen nur darum ausgesprochen, weil ich die Aufmerksamkeit auch anderer Beobachter auf sie lenken wollte.

Ich lasse nun die Zahlen in tabellarischer Form folgen, auf welche ich mich im Text bezogen und nach welchen die Curven auf Tafel IV construirt sind.

Zeit.	Operirte Extremität.	Nicht operirte Extremität.	Differenz.	After.

I. Versuch.

3 Hals- und 2 Brustwurzeln links durchschnitten.

5 Uhr 25 Min.	26,1 Grad	24,9 Grad	mehr 1,2 Grad	35,0 Grad
5 - 35 -	24,3 -	24,6 -	wenig. 0,3 -	34,0 -
	24,8 -	24,0 -	mehr 0,8 -	

Ganglion thoracicum primum links entfernt.

5 Uhr 45 Min.	29,9 Grad	25,7 Grad	mehr 4,0 Grad	30,0 Grad
5 - 55 -	28,0 -	25,2 -	- 2,8 -	
	27,2 -	24,4 -	- 2,8 -	
6 - 20 -	25,1 -	23,7 -	- 1,4 -	28,6 -

II. Versuch.

3 Hals- und 2 Brustwurzeln links durchschnitten.

5 Uhr 40 Min.	31,7 Grad	30,8 Grad	mehr 0,9 Grad	35,5 Grad
	31,0 -	30,4 -	- 0,6 -	
	32,8 -	31,8 -	- 1,0 -	
	32,5 -	30,9 -	- 1,6 -	

Ganglion thoracicum primum exstirpirt auf der linken Seite.

	33,1 Grad	30,2 Grad	mehr 2,9 Grad	34,8 Grad
	33,1 -	29,7 -	- 3,4 -	
	32,8 -	29,1 -	- 3,7 -	

III. Versuch.

3 Hals- und 3 Brustwurzeln links durchschnitten.

	27,7 Grad	26,9 Grad	mehr 0,8 Grad	34,9 Grad
	26,9 -	26,2 -	- 0,7 -	
	26,2 -	25,7 -	- 0,5 -	

Ganglion links entfernt.

28,3 Grad	25,2 Grad	mehr 3,1 Grad	
28,1 -	25,2 -	- 2,9 -	

IV. Versuch.

Brustganglion frei präparirt, den Grenzstrang zusammen mit dem Ramus communicans zur III. Brustwurzel durchschnitten.

10 Uhr 45 Min.	34,6 Grad	31,8 Grad	mehr 2,8 Grad	36,1 Grad
10 - 47 -	34,5 -	31,2 -	- 3,2 -	36,0 -
10 - 50 -	34,4 -	30,3 -	- 4,1 -	36,3 -
10 - 53 -	34,4 -	29,6 -	- 4,8 -	36,3 -
10 - 55 -	34,3 -	29,7 -	- 4,6 -	36,6 -
10 - 58 -	34,7 -	29,4 -	- 5,3 -	36,8 -
11 - 2 -	34,9 -	28,7 -	- 6,2 -	36,6 -
11 - 8 -	35,2 -	28,4 -	- 6,9 -	36,0 -
11 - 20 -	35,3 -	29,5 -	- 5,8 -	36,1 -

Zeit.	Operirte Extremität.	Nicht operirte Extremität.	Differenz.	After.
Rami communicantes zur I. und II. Brustwurzel durchschnitten.				
11 Uhr 30 Min.	33,5 Grad	28,2 Grad	mehr 5,3 Grad	35,6 Grad
11 - 35 -	32,6 -	27,7 -	- 4,9 -	36,0 -
11 - 40 -	32,7 -	27,4 -	- 5,3 -	35,9 -
11 - 45 -	32,7 -	27,0 -	- 5,7 -	36,0 -
Ramus communicans zur VIII. Halswurzel durchschnitten.				
11 Uhr 53 Min.	33,0 Grad	26,3 Grad	mehr 6,7 Grad	35,7 Grad
12 - — -	32,7 -	26,3	- 6,4 -	35,8 -
Ramus communicans zur VI. Halswurzel zusammen mit dem in der Arteria vertebralis durchschnitten.				
12 Uhr 9 Min.	33,1 Grad	25,4 Grad	mehr 7,7 Grad	35,5 Grad
12 - 13 -	32,6 -	25,2 -	- 7,4 -	35,8 -
12 - 17 -	33,6 -	25,1 -	- 8,5 -	35,9 -
12 - 23 -	34,5 -	25,2 -	- 9,3 -	36,0 -
12 - 25 -	35,0 -	26,1 -	- 8,9 -	35,9 -
12 - 30 -	35,2 -	26,0 -	- 9,2 -	36,0 -
12 - 35 -	34,7 -	25,8 -	- 8,9 -	35,9 -
12 - 43 -	34,8 -	25,5 -	- 9,3 -	35,8 -
V. Versuch.				
Ganglion I frei präparirt.				
12 Uhr 10 Min.	35,5 Grad	35,9 Grad	wenig. 0,4 Grad	36,7 Grad
Ramus communicans zur III. Brustwurzel durchschnitten.				
12 Uhr 15 Min.	34,5 Grad	36,3 Grad	wenig. 1,8 Grad	37,7 Grad
12 - 20 -	34,0 -	35,5 -	- 1,5 -	38,4 -
12 - 25 -	33,6 -	35,2 -	- 1,6 -	38,4 -
Grenzstrang dicht am Ganglion durchschnitten.				
12 Uhr 34 Min.	36,7 Grad	34,6 Grad	mehr 2,1 Grad	38,0 Grad
12 - 40 -	36,4 -	33,6 -	- 2,8 -	—
	35,3 -	32,5 -	- 2,8 -	—
12 - 50 -	34,2 -	31,7 -	- 2,5 -	—
12 - 55 -	33,4 -	31,1 -	- 2,3 -	38,0 Grad
VI. Versuch.				
Ganglion I präparirt.				
5 Uhr 20 Min.	31,6 Grad	31,4 Grad	mehr 0,2 Grad	37,6 Grad
Ramus communicans zur III. Brustwurzel durchschnitten.				
5 Uhr 30 Min	31,4 Grad	31,0 Grad	mehr 0,4 Grad	36,8 Grad
5 - 33 -	31,4 -	30,7 -	- 0,7 -	—
Grenzstrang durchschnitten.				
5 Uhr 40 Min.	32,1 Grad	30,0 Grad	mehr 2,0 Grad	—
5 - 43 -	33,7 -	29,8 -	- 3,9 -	36,7 Grad
5 - 46 -	34,4 -	29,5 -	- 4,9 -	36,6 -
5 - 50 -	35,0 -	29,1 -	- 5,9 -	36,4 -
5 - 55 -	35,2 -	28,9 -	- 6,3 -	36,2 -

Zeit.	Operirte Seite.	Nicht operirte Seite.	Differenz.	After.
VII. Versuch.				
Ganglion präparirt.				
6 Uhr — Min.	29,1 Grad	29,1 Grad	0 Grad	36,0 Grad
Grenzstrang zwischen V. und VI. Wirbel durchtrennt.				
6 Uhr 10 Min.	28,8 Grad	27,7 Grad	mehr 1,1 Grad	35,8 Grad
6 - 14 -	27,6 -	26,8 -	- 0,8 -	36,1 -
	27,0 -	26,1 -	- 0,6 -	36,2 -
Grenzstrang zwischen IV. und V. Rippe durchschnitten.				
6 Uhr 25 Min.	26,5 Grad	25,1 Grad	mehr 1,4 Grad	36,0 Grad
6 - 30 -	26,3 -	25,1 -	- 1,2 -	36,0 -
Grenzstrang vor Vereinigung mit dem Ramus communicans zur IV. Brustwurzel, dicht am Ganglion durchschnitten.				
6 Uhr 42 Min.	28,7 Grad	23,7 Grad	mehr 5,0 Grad	35,2 Grad
6 - 46 -	28,2 -	24,1 -	- 4,1 -	35,4 -
6 - 48 -	27,7 -	23,9 -	- 3,8 -	35,4 -
Grenzstrang nach der Vereinigung mit diesem Ramus communicans durchschnitten.				
6 Uhr 50 Min.	27,0 Grad	23,5 Grad	mehr 3,5 Grad	
VIII. Versuch.				
Grenzstrang und II. Ganglion präparirt.				
6 Uhr 20 Min.	29.2 Grad	29,1 Grad	mehr 0,1 Grad	34,1 Grad
Grenzstrang unterhalb des II. Ganglion durchschnitten.				
6 Uhr 30 Min.	28,0 Grad	28,0 Grad	0 Grad	33,7 Grad
Ramus communicans (unterhalb) zum zweiten Male durchschnitten.				
6 Uhr 42 Min.	27,0 Grad	24,5 Grad	mehr 2,5 Grad	32,5 Grad
Grenzstrang oberhalb des II. Ganglion durchschnitten.				
6 Uhr 46 Min.	26,0 Grad	23,7 Grad	mehr 2,3 Grad	32,0 Grad
IX. Versuch.				
Grenzstrang präparirt.				
6 Uhr 2 Min.	25,3 Grad	24,6 Grad	mehr 0,7 Grad	35,6 Grad
Grenzstrang zwischen IV. und V. Rippe durchschnitten.				
6 Uhr 4 Min.	26,0 Grad	24,0 Grad	mehr 2,0 Grad	35,8 Grad
6 - 8 -	26,8 -	23,4 -	- 3,4 -	35,6 -
6 - 15 -	26,3 -	22,3 -	- 4,0 -	35,2 -
6 - 20 -	26,0 -	21,8 -	- 4,2 -	35.2 -

Zeit.	Operirte Seite.	Nicht operirte Seite.	Differenz.	After.
Durchschneidung des Ramus communicans zum II. Ganglion.				
6 Uhr 25 Min.	25,8 Grad	21,7 Grad	mehr 4,1 Grad	35,1 Grad
6 - 30 -	25,2 -	21,6 -	- 3,5 -	35,0 -
Grenzstrang oberhalb des Ganglion durchschnitten.				
6 Uhr 35 Min.	24,7 Grad	21,4 Grad	mehr 3,3 Grad	34,6 Grad
6 - 40 -	24,1 -	21,0 -	- 3,1 -	34,2 -
X. Versuch.				
Grenzstrang präparirt.				
10 Uhr 50 Min.	30,6 Grad	34,5 Grad	weniger 3,9 Grad	38,4 Grad
10 - 57 -	30,3 -	33,0 -	- 2,7 -	38,4 -
11 - 10 -	28,0 -	31,0 -	- 3,0 -	38,0 -
Ramus communicans zum II. Ganglion durchschnitten.				
11 Uhr 20 Min.	27,1 Grad	29.7 Grad	weniger 2,6 Grad	37,5 Grad
11 - 27 -	27,1 -	29,0 -	- 1,9 -	38,0 -
11 - 33 -	26,6 -	28,8 -	- 2,2 -	37,5 -
Grenzstrang zwischen IV. und V. Rippe durchschnitten.				
11 Uhr 37 Min.	32,1 Grad	28,2 Grad	mehr 3,9 Grad	37,6 Grad
11 - 40 -	33,5 -	28,2 -	- 5,3 -	—
11 - 42 -	34,5 -	28,1 -	- 6,1 -	—
11 - 43 -	35,5 -	27,8 -	- 7,7 -	—
11 - 47 -	36,3 -	27,5 -	- 8,8 -	37,6 Grad
11 - 49 -	36,6 -	27,3 -	- 9,3 -	37,5 -
11 - 55 -	36,9 -	27,1 -	- 9,8 -	—
11 - 58 -	36,9 -	26,9 -	- 10,0 -	—
12 - 6 -	36,8 -	26,8 -	- 10,0 -	—
12 - 10 -	36,7 -	26,6 -	- 10,1 -	37,4 Grad
12 - 22 -	36,3 -	26,1 -	- 10,2 -	37,4 -
XI. Versuch.				
Grenzstrang präparirt.				
11 Uhr 24 Min.	33,5 Grad	31,7 Grad	mehr 1,8 Grad	36,1 Grad
11 - 27 -	32,6 -	30,8 -	- 2,8 -	36,6 -
Grenzstrang zwischen VI. und VII. Rippe durchschnitten.				
11 Uhr 32 Min.	31,0 Grad	28,0 Grad	mehr 3,0 Grad	35,5 Grad
11 - 45 -	29,0 -	26,3 -	- 2,7 -	
11 - 47 -	29,3 -	26,0 -	- 3,3 -	36,4 -

Zeit.	Operirte Seite.	Nicht operirte Seite.	Differenz.	After.
Grenzstrang zwischen IV. und V. Rippe durchschnitten.				
11 Uhr 55 Min.	31,1 Grad	25,1 Grad	mehr 6,3 Grad	36,0 Grad
11 - 57 -	33,1 -	25,0 -	- 8,1 -	36,0 -
12 - — -	34,3 -	24,7 -	- 9,6 -	36,0 -
12 - 1 -	34,5 -	24,5 -	- 10,0 -	36,0 -
12 - 2 -	34,7 -	24,2 -	- 10,5 -	36,0 -
12 - 3 -	34,7 -	23,9 -	- 10,8 -	36,0 -
XII. Versuch.				
Brustganglion I präparirt.				
11 Uhr 50 Min.	24,9 Grad	23,0 Grad	mehr 1,9 Grad	33,4 Grad
Mehrere Rami communicantes zum I. Brustganglion durchschnitten.				
12 Uhr 10 Min.	28,0 Grad	22,5 Grad	mehr 5,5 Grad	34,0 Grad
12 - 3 -	27,3 -	22,0 -	- 5,3 -	33,8 -
12 - 10 -	24,0 -	20,7 -	- 3,3 -	34,0 -
Grenzstrang durchschnitten.				
12 Uhr 15 Min.	22,8 Grad	20,0 Grad	mehr 2,8 Grad	?

Erklärung der Tafeln.

Tafel II. Figur 3 stellt die Lage des letzten Hals- und ersten Brustganglions mit ihren Zweigen im Verhältniss zu den übrigen Organen dieser Partie beim Hunde dar. Der N. vagus und sympathicus liegen in derselben Scheide und sind zusammen mit dem letzten Halsganglion etwas in die Höhe gezogen um seine Verzweigungen, die sonst durch die Venen verdeckt werden.

Tafel II. Figur 4 zeigt die Verästelungen dieses Ganglions bei einem anderen Thiere. Der N. sympathicus ist durch Präparation vom Nervus vagus getrennt worden. Nahe an dem Ganglion cerv. inferior waren dieselben schon von Natur getheilt. Die beiden Ganglien sind mit den Wurzeln des Plexus brachialis herausgeschnitten und auf ein Brett ausgespannt worden. Die weiteren Aufklärungen sind durch die Schrift der Tafel gegeben.

Tafel III. Fig. 1. Verzweigungen des isolirten Ganglion-Stellatum.

Tafel III. Fig. 2. Ganglion-Stellatum präparirt wie auf Seite 87 angegeben.

Tafel IV. An die senkrechten Ordinaten sind die Temperaturen angeschrieben und zwar in Graden der Centesimalscala; auf die waagrechten Ordinaten ist die Zeit aufgetragen.

8. Ueber die reflectorische Wirkung der sensiblen Nerven auf die vasomotorischen Nerven.

(Comptes rendu des l'Academie de Sciences de Paris. 1869. 30 Aôut.)

Die reflectorischen Wirkungen der sensiblen Nerven auf das vasomotorische System sind dermassen complicirt und mannigfaltig, dass ihr Studium die grössten Schwierigkeiten darbietet. Die grosse Zahl der in jüngster Zeit festgestellten auf diese Reflexwirkung bezüglichen Thatsachen und Gesetze hat nicht hingereicht, um eine befriedigende Erklärung aller der durch das Studium dieser Wirkung aufgedeckten scheinbaren Widersprüche zu geben. Einer dieser Widersprüche, welcher mehr als die übrigen es verhindert hat eine vollständige Theorie dieser Reflexwirkung zu formuliren, ist der folgende: Die Reizung gewisser sensibler Nerven erzeugt durch Reflexwirkung bald eine Lähmung, bald eine Erregung der vasomotorischen Nerven. Es ist besonders das Verdienst Lôven's durch bei Prof. Ludwig angestellte Untersuchungen nachgewiesen zu haben, dass die auf eine peripherische Reizung folgende Gefässerweiterung einer Reflexparalyse der Gefässe und nicht einer Erschöpfung der erregten Nerven zugeschrieben werden muss. —

Bei meinen diesen Gegenstand betreffenden Untersuchungen habe ich es mir zur Aufgabe gemacht die Ursache aufzufinden, aus welcher die Erregung eines Gefühlsnerven Reflexwirkungen hervorzubringen vermag, die einander vollständig entgegengesetzt sind. Diese Wirkungs-Verschiedenheiten könnten entweder von anatomischen oder von einer physiologischen Ursache abhängen; d. h. diese Wirkungsverschiedenheiten könnten zugeschrieben werden der Erregung verschiedener Nervenfasern, oder aber Veränderungen in den Nervencentren, welche diese Reflexwirkung vermitteln. Frühere, von Prof. Ludwig und mir ausgeführte Untersuchungen haben bereits festgestellt, dass die Erregung der sensiblen Muskel-Nerven Reflexwirkungen auf das vasomotorische System hervorbringt, welche ganz und gar von den durch Erregung der sensiblen Haut-Nerven bewirkten verschieden sind.

Die Versuche, deren Ergebnisse ich hier mittheilen will, haben mir gezeigt, dass eine die Nerven-Centra betreffende Veränderung einen noch entscheidenderen Einfluss auf diese Reflex-Phänomene ausübt. Ich habe in der That constatirt, dass so oft ich die Hemisphäre abtrug, die Reflexwirkungen völlig constante werden, während vor dieser Operation die Reizung eines Gefühlsnerven bald eine Verengerung, bald eine Erweiterung Gefässe erzeugt hatte. Dieselbe Reizung erzeugt constant, nach der Abtragung der Hemisphären, eine Paralyse der Gefässnerven und in Folge dessen eine Erweiterung der Gefässe.

Durch die Abtragung der Hemisphären wird das Bewusstsein aufgehoben, sowie das Empfinden des durch die Reizung erregten Schmerzes. Man konnte also aus diesem Experimente schliessen, dass die Gefässverengerung in einer Reaction des Gefässsystems begründet ist, welche durch den von dem Thiere während der Reizung eines Gefühlsnerven

empfundenen Schmerz verursacht wird, während die rein reflectorische auf eine Reizung der Gefühlsnerven erfolgende Reaction in einer Gefässerweiterung besteht.

Die von mir an durch Opium und Chloroform anästhesirten Thieren ausgeführten Experimente, sowie diejenigen, welche mit Intensitätssteigerungen der Erregung angestellt wurden, beweisen übereinstimmend, dass die soeben von mir gegebene Erklärung auch die richtige ist.

In der ausführlichen Abhandlung, welche die Schilderung dieser Experimente enthalten wird, werde ich umständlichere den in der Rede stehenden Gegenstand betreffende Mittheilungen machen.

---

9. Hemmungen und Erregungen im Centralsystem der Gefässnerven.

(Bulletin de l'Academie Imperiale des Sciences de St. Petersburg. 22. Dec. 1870.)

Während meiner Anwesenheit in Paris im Jahre 1869 theilte ich der dortigen Academie der Wissenschaften eine kurze Notiz*) über die Reflexwirkungen der sensiblen Nerven auf die Gefässnerven mit. In dieser Notiz setzte ich die vorläufigen Resultate meiner experimentellen Untersuchungen über einen der dunkelsten und verworrensten Punkte der Physiologie der Gefässnerven auseinander, nämlich über die Veränderungen, welche in deren Centraltheilen vor sich gehen, wenn ihnen reflectorisch Erregungen von den Gefühlsnerven her mitgetheilt werden.

Diese Veränderungen äussern sich bekanntlich in der verschiedensten Weise in ihren Wirkungen auf den Blutstrom, und zwar besteht die eine der Hauptverschiedenheiten darin, dass das eine Mal auf Reizung sensibler Nerven eine Steigerung des Blutdrucks, also Erregung der Gefässnerven, das andere Mal ein Sinken des Blutdrucks eintritt, also eine Lähmung dieser Nerven. — Ich glaubte, durch meine Versuche auf den Grund dieser Verschiedenheiten gekommen zu sein und theilte der Pariser Academie in kurzen Worten denselben mit.

Seitdem habe ich noch eine grosse Anzahl Versuche über dieselbe Frage angestellt, welche zwar in den Hauptzügen meine damals mitgetheilten Ergebnisse bestätigten und erweiterten, aber in manchen Nebenpunkten auch einige Modificationen nöthig erscheinen liessen. Es ist mir gelungen, im Verlaufe dieser Untersuchung auf eine Reihe von Erscheinungen zu stossen, die über manche diese Frage betreffende Ansichten ganz neue Gesichtspunkte eröffnen. — Die vorliegende Mittheilung hat zum Zweck, die Endresultate dieser neuen, im Februar 1870 abgeschlossenen Versuchsreihe wiederzugeben.

Die nicht ganz absichtslose Kürze meiner der Pariser Akademie

---

*) S. oben.

mitgetheilten Notiz über diese Frage hat manche Autoren zur irrthümlichen Auffassung derselben veranlasst; — ich halte es also für nothwendig, in dieser Mittheilung ausführlicher darauf zurückzukommen, um ein leichteres Verständniss zu ermöglichen.

Die Reflexwirkungen der sensiblen Nerven auf die Gefässnerven lassen sich in anatomischer Hinsicht in zwei Gruppen eintheilen, in allgemeine und partielle, d. h. in solche Reflexwirkungen, welche das gesammte Gefässnervensystem beeinflussen, und solche, die sich nur auf das Gefässgebiet des gereizten sensiblen Nerven beschränken. — Beide Wirkungen treten gewöhnlich gleichzeitig ein und sind ihrem physiologischen Charakter nach nicht immer identisch; mit anderen Worten: während die einen Wirkungen in reflectorischer Erregung der Gefässnerven, also in Verengerung der Gefässe, sich äussern, können die anderen im Gegentheil in reflectorischer Lähmung dieser Nerven, also Erweiterung der Gefässe, bestehen.

In der erwähnten Notiz theilte ich, wie erwähnt, den Grund dieser physiologischen Verschiedenheiten mit, der, wie meine Versuche mir gezeigt haben, daher rührt, dass das eine Mal bei der Reizung der sensiblen Nerven die Erregung die Grosshirnlappen erreicht, das andere Mal — nicht. — Sind nämlich diese Hirnlappen durch Abtragung entfernt, oder durch narkotische Mittel ausser Thätigkeit gesetzt, so tritt bei Reizung sensibler Nerven immer nur Gefässerweiterung, nie mehr Gefässverengerung ein. Da die Abtragung der Hirnhemisphären mit der Narkotisation nur das Gemeinschaftliche haben, dass sie beide den Verlust des Bewusstseins verursachen, also die Thiere für den bei der Reizung der sensiblen Nerven eintretenden Schmerz unempfindlich machen, so habe ich schon damals die Vermuthung ausgesprochen, dass es eben die Schmerzempfindung ist, welche die Verschiedenheit der Reflexwirkungen bedingt. — Ich habe es in meiner ersten Notiz absichtlich vermieden, mich darüber auszusprechen, ob die erhaltenen Ergebnisse sich nur auf die allgemeinen Reflexe beziehen, oder ob sie auch auf die partiellen Bezug haben. — Die damals von mir gemachten Versuche haben mir nämlich nur für die allgemeinen Reflexe ganz bestimmte Resultate geliefert; — bei dem Studium der Partialreflexe bin ich zwar auf dasselbe Hauptresultat gestossen, es kamen aber dabei auch andere Erscheinungen zu Tage, welche es mir nicht gestatteten, auch für sie dasselbe Gesetz anzunehmen, welches für die allgemeinen Reflexe gültig ist.

Jetzt bin ich über alle diese Punkte vollkommen in's Reine gekommen, und es zeigte sich, dass ich Recht daran that, in der gemachten Notiz die erwähnte Vorsicht zu gebrauchen. — Wie der Verlauf dieser Mittheilung es zeigen wird, sind die partiellen Reflexe der Gefässnerven ganz anderen Gesetzen unterworfen als die allgemeinen.

Sämmtliche von mir gemachten Versuche über diesen Gegenstand sind an Hunden und Kaninchen angestellt worden. — Exstirpationen der Grosshirnlappen sind mit Erfolg nur an Kaninchen, die Narkotisationen meistens an Hunden gemacht worden. — Die Abtragung der Grosshirnhemisphären kann bei gehöriger Uebung und Vorsicht mit nur ganz minimalem Blutverluste ausgeführt werden. Ich operire gewöhnlich so, dass ich eine kleine Trepanationsöffnung im Schädeldach mache und dann den

Rest des Dachs mit einer kleinen Zange abtrage. Hat sich bei der Trepanation die Gefahr einer grösseren Blutung herausgestellt, so streiche ich zur Vorsicht über den Sinus transversalis ein paar Mal mit einem Glüheisen, ehe ich zu seiner Eröffnung schreite. — Sehr elegant lässt sich auch oft das Gehirn blosslegen, indem man das Dach mit einem scharfen Messer abträgt ohne vorherige Trepanation — die Blutung ist dabei noch geringer. Die Grosshirnhemisphären schäle ich gewöhnlich mit der Spatel oder dem Messerstiel aus — wobei man vermeiden muss, mit dem Instrument auf der Basis cranii unsanft herumzugleiten, da sonst leicht durch Zerreissung der Basalgefässe eine nicht unbedeutende Blutung entsteht. — Soll die Operation brauchbare Resultate liefern, so dürfen nur Grosshirnlappen herausgenommen werden. — Der Grund wird weiter unten angegeben werden.

Zur Narkotisation der Hunde verwandte ich anfangs Morphium und Chloroform; später habe ich im Chloral ein Mittel gefunden, das für diese Zwecke ganz unersetzbar ist. Die Resultate treten hier mit einer solchen Constanz und Deutlichkeit hervor, wie man es nicht besser verlangen kann.

Ich beginne mit der Beschreibung der allgemeinen Vorgänge, welche im Gefässsystem bei Reizung irgend eines sensiblen Nerven eintreten. — In den bei weitaus meisten Fällen verursacht eine solche Reizung beim sonst unversehrten Thiere eine allgemeine Blutdruckerhöhung, als Folge der Verengerung sämmtlicher kleinen Gefässe des Körpers. In den meisten Fällen wirkt also die Reizung sensibler Nerven erregend auf das Centrum der vasomotorischen Nerven. — Es giebt aber auch Fälle, wo bei Reizung sensibler Nerven anstatt der Drucksteigerung eine Druckverminderung eintritt; dies tritt häufiger bei Reizung gemischter Nerven als bei Reizung eines Hautnerven ein; in anderen Fällen wieder tritt zuerst eine vorübergehende Druckverminderung ein, die aber ziemlich schnell einer Druckerhöhung Platz macht (bei Reizung des N. laryngeus sup. ist dieses Letztere fast immer der Fall). Anders ist es aber bei Thieren, denen entweder die Grosshirnlappen auf die angegebene Weise entfernt, oder die durch Darreichung der oben angeführten Substanzen vollständig bewusstlos gemacht sind. Bei solchen Thieren tritt bei Reizung sensibler Nerven nur eine Druckverminderung, also Lähmung sämmtlicher Gefässnerven ein. — Die Druckverminderung ist in verschiedenen Fällen von verschiedener Höhe, erreicht aber nie die Grösse, welche sie bei Reizung des N. Depressor erlangt.

Hat man nicht nur die Grosshirnlappen, sondern auch das ganze Grosshirn exstirpirt, also nur Kleinhirn und Medulla oblongata zurückgelassen, dann tritt bei Reizung der sensiblen Nerven*) gar keine Veränderung im Blutdrucke ein, ein Beweis dafür, dass das Centrum der Gefässnerven sich höher und anderswo, als in diesen erhaltenen Hirntheilen befindet.

Was die allgemeinen Reflexe anbetrifft, bin ich also bei meinen späteren Versuchen zu demselben Resultate gelangt, das ich in der erwähnten Notiz veröffentlicht habe. Ich habe nur später im Chloral eine

*) Ich benutzte dazu am häufigsten den N. tibialis am Fusse und den N. vagus am Halse.

Substanz gefunden, bei deren Anwendung die betreffende Erscheinung mit besonderer Eleganz und Präcision einzutreten pflegt. — Trotz der in Folge der Chloral-Vergiftung schon an sich eintretenden Blutdruckverminderung wird bei jeder Reizung der sensiblen Nerven der Blutdruck noch mehr herabgesetzt. — Ich bin also jetzt nur in der Lage, das thatsächliche Ergebniss meiner früheren Versuche, was die allgemeinen Reflexe anbetrifft, vollständig zu bestätigen. Sehen wir nun zuerst, wie es mit der in der ersten Notiz gemachten Deutung dieses thatsächlichen Ergebnisses steht, d. h. ob ich auch berechtigt war, die reflectorische Lähmung der Vasomotoren als den reinen Reflexvorgang jeder sensiblen Reizung zu betrachten, die Erregung derselben dagegen nur als eine Reaction des Gefässsystems aufzufassen, welche in Folge des vom Thiere empfundenen Schmerzes eintrete.

Bei der Aufstellung dieser Deutung bin ich von folgender Betrachtung ausgegangen.

Das direkte Ergebniss meiner Versuche war, dass jede Reizung sensibler Nerven in zweierlei Weise auf das Centralsystem der Gefässnerven einzuwirken im Stande ist: lähmend, wenn diese Erregung von der sensiblen Faser auf die gefässverengende unterhalb der Grosshirnlappen übertragen wird, und erregend, wenn diese Uebertragung in irgend einem nicht näher festgestellten Punkt dieser Lappen vor sich geht. — Meiner Ansicht nach kann man dieses Resultat nur auf zweierlei Art deuten: 1) Es giebt zwei Centra der Vasomotoren; das eine, dessen Erregung eine Gefässerweiterung hervorruft und welches sich unterhalb der Gehirnlappen befindet, und das andere, dessen Erregung zu einer Gefässverengerung führt und in welchem dieser Lappen selbst liegt; bei dieser Deutung muss man noch annehmen, dass dieses zweite Centrum durch narkotische Mittel ausser Thätigkeit gesetzt werden kann. 2) Es giebt nur ein Centrum der Gefässnerven, das sich unterhalb der Grosshirnlappen befindet, welches, wenn es nur von den sensiblen Nerven direkt Reize erhält, durch dieselben gelähmt, wenn es aber erst durch die Grosshirnlappen die Erregung erhält, durch dieselben erregt und in seiner Thätigkeit verstärkt wird. Da die Gehirnlappen als der Sitz des Bewusstseins betrachtet werden müssen, da ferner diese Lappen in unseren Versuchen dem Gefässnervencentrum nur im Moment einer schmerzhaften Reizung sensibler Nerven erregende Impulse zusandten, und da endlich diese Impulse nicht mehr ausgeschickt werden, sobald die Grosshirnlappen durch Anwendung von hypnotischen Mitteln ausser Stand gesetzt sind, Schmerz zu empfinden, so kann man auch den Schmerz als das Moment betrachten, welches bei Reizung sensibler Nerven die Grosshirnlappen bestimmt, dem Gefässnervencentrum erregende Impulse mitzutheilen.

Ich habe mich in meinem der Pariser Akademie eingereichten Memoire zu Gunsten dieser zweiten Deutung ausgesprochen, weil die der ersten zu Grunde gelegte Annahme zweier Nervencentra für das Gefässsystem, von denen das eine durch hypnotische Mittel gelähmt werden sollte, an grosser innerer Unwahrscheinlichkeit litt.

Seit dem Erscheinen meiner Arbeit ist von anderer Seite her der Versuch gemacht worden, die Stelle des Gefässnervencentrums genauer zu localisiren; man ist dabei vorläufig zu dem Resultat gelangt, dass

das gefässverrengende Centrum sich jedenfalls unterhalb der Grosshirnlappen befindet. — Die erste Deutung meiner Versuche ist also jetzt nicht mehr unwahrscheinlich, sondern geradezu unmöglich.

Man muss also zur zweiten, schon damals von mir bevorzugten, seine Zuflucht nehmen. — Wenden wir uns nun zur Betrachtung der partiellen Reflexe der Gefässnerven. Unter dieser Bezeichnung versteht man bekanntlich diejenigen Vorgänge, die auf Reizung sensibler Nerven in den Gefässen eintreten, welche sich in der Region des gereizten Nerven befinden. Diese von Schiff, Snellen und Löven untersuchten Reflexe sind weniger inconstant als die allgemeinen Reflexe, von welchen oben die Rede war; nur treten hier am häufigsten die reflectorisch-lähmenden Wirkungen hervor. Bei Reizung des centralen Theiles eines sensiblen Nerven (z. B. des N. auricularis posterior, N. dorsalis pedis) erweitern sich gewöhnlich die Gefässe, welche sich in der Gegend des gereizten Nerven befinden; fast immer aber geht dieser Erweiterung eine kurze vorübergehende Verengerung derselben Gefässe voran; nur in seltenen Fällen gelingt es gar nicht, die Gefässerweiterung zu beobachten, vielmehr die eingetretene Gefässverengerung bleibt anhaltend während der ganzen Dauer der Reizung.

Als ich durch die oben besprochenen Versuche über die Ursache der Inconstanz der bei Reizung sensibler Nerven eintretenden allgemeinen Reflexe Aufklärung erhalten hatte, wollte ich ermitteln, ob dieselben Ursachen nicht auch für die partiellen Reflexe von derselben Bedeutung seien. Zu diesem Behufe stellte ich Versuche über diese Reflexe an Thieren an, bei denen die Gehirnlappen durch Exstirpation oder Narkotisation ausser Thätigkeit gesetzt worden waren. Da diese partiellen Reflexe besonders schön und leicht nur an Kaninchen zu beobachten sind, so sind meine hierauf bezüglichen Versuche ausschliesslich an diesen Thieren angestellt worden. Leider vertragen Kaninchen sehr schlecht oder gar keine Narkotisation durch Chloroform oder Chloral. Die jetzt folgenden Resultate sind also fast sämmtlich an den der Hemisphären beraubten Thieren gewonnen worden.

Schon bei den ersten Versuchen, welche ich mit Reizung sensibler Nerven bei Kaninchen, deren Grosshirnlappen ausgeschält wurden, anstellte, überzeugte ich mich davon, dass hier die Verhältnisse sich viel schwieriger einer Erklärung fügen, als bei den allgemeinen Reflexen.

Was man mit Sicherheit constatiren konnte, war nur der Umstand, dass auch die partiellen Reflexe von der erwähnten Operation bedeutend beeinflusst wurden. Vorerst war zu bemerken, dass man bei so operirten Kaninchen nicht mehr den gewöhnlichen Typus der partiellen Reflexe beobachtet, der, wie gesagt, in einer schnell vorübergehenden Verengerung besteht, welcher dann eine anhaltende Erweiterung folgt. Entweder beobachtet man bei solchen Kaninchen eine sofort ohne vorhergehende Verengerungen eintretende Erweiterung der Gefässe, oder nur Verengerungen, die aber die Reize lange überdauern und oft überhaupt nicht mehr nachlassen.

Schon bei den ersten Versuchen fiel mir eine gewisse Unabhängigkeit dieser Verengung von der stattfindenden Reizung auf; nicht nur überdauerten sie diese Reizung, sondern ihre Stärke stand in gar keiner

Beziehung zur Intensität dieser letzteren, ja in einigen Fällen sah ich sie in der Art. saphena auch ohne vorhergende Reizung auftreten.

Dies Alles veranlasste mich bei der ersten der Pariser Akademie mitgetheilten Notiz über diesen Punkt mich äusserst vorsichtig auszusprechen; da ich dann eigentlich nur die eine Thatsache mit Sicherheit constatirt hatte, dass der Charakter der partiellen Reflexe nach der Exstirpation der Grosshirnlappen bedeutend modificirt wird.

Seitdem habe ich die Natur dieser Modificationen näher und eingänglicher studirt und glaube befriedigenden Aufschluss über die so complicirten Vorgänge erlangt zu haben.

Zuerst wendete ich meine Aufmerksamkeit den soeben beschriebenen Verengerungen zu, welche nach Exstirpation der Grosshirnlappen eintreten. Ich beschränkte mich darauf, während längerer Zeit die Veränderungen zu beobachten, welche mit der blossgelegten Arterie vor sich gehen, nachdem die Hirnlappen entfernt sind. Dabei constatirte ich bald, dass diese Verengerungen nichts mit der Reizung sensibler Nerven zu thun haben. Sie treten auch ohne Reizungen ein, dauern eben so lange ohne Reizung wie mit Reizung und verschwinden nur unter Bedingungen, welche mit der Erregung sensibler Nerven in keiner Beziehung stehen.

Aber nicht nur die Ursache des Eintretens dieser Verengerungen, sondern die Art und Weise ihres Auftretens zeigte, dass wir es hier mit einer ganz eigenthümlichen Erscheinung zu thun haben, welche ganz heterogen der sonst auftretenden Reflexverengerungen ist. — Diese Verengerungen traten nämlich nicht gleichzeitig in der ganzen Länge der Art. saphena ein, sondern zeigten sich bald an der einen, bald an der andern Stelle derselben. Sie hatten also den Charakter localer Einschnürungen der Gefässe, welche bald in der Richtung nach oben, bald in der nach unten sich fortpflanzen, wobei oft die Einschnürung der zuerst ergriffenen Stelle sich peristaltisch weiter bewegt. — Ich wurde bei diesen Beobachtungen sofort an die von Traube beschriebenen selbstständigen Pulsationen der Arterienwände erinnert, welche er besonders bei Kohlensäure- oder Curarevergiftungen an den Ohrgefässen hervortreten sah. Ich überzeugte mich aber bald, dass man diesen Bewegungen nicht den Charakter rhythmischer Contractionen beilegen kann, weil sie zu unregelmässig auftraten, sich von einer Stelle des Gefässes auf die andere fortpflanzten und mehr Aehnlichkeit mit peristaltischen Bewegungen zeigten. Aber auch von diesen unterschieden sie sich dadurch, dass sie oft spontan an einer Gefässstelle entstehen und dann nicht etwa regelmässig nach der einen Richtung, sondern nach beiden Richtungen gleich häufig sich fortpflanzen.

Die Unregelmässigkeit in ihrem Auftreten erweckte in mir sogleich den Verdacht, dass wir es hier gar nicht mit vom Centralnervensysteme beherrschten Erscheinungen zu thun haben, einen Verdacht, der dadurch bedeutend an Kraft gewann, dass es mir gelang, dieselben Verengerungen auch an solchen Kaninchen zu beobachten, denen das ganze grosse Gehirn herausgenommen wurde, die also nur noch die Medulla oblongata und das Kleinhirn behielten und deren Gefässnervencentra also ganz ausser Verbindung mit den peripherischen Vasomotoren gesetzt worden waren. Ja, bei Thieren, die auf diese letzte Art operirt waren, traten die

Verengerungen noch viel sicherer und prägnanter ein als bei den früheren. Um zu sehen, wie weit der eben ausgesprochene Verdacht begründet sei, durchschnitt ich die Nervenzweige, welche die Art. saphena begleiten, und die, wie Lòven gezeigt hat, die vasomotorischen Fasern dieses Gefässes führen.

Auch diese Durchschneidung blieb ohne jeden störenden Einfluss auf Eintritt und Verlauf der Verengerungen; eher liess sich ein befördernder Einfluss dieser Operation constatiren.

Verengerungen von ganz demselben Charakter konnte ich auch an anderen Gefässen des Körpers ausser denen des Ohres und der Art. saphena beobachten, am schönsten an solchen, die nicht von Muskeln geschützt sind, sondern oberflächlich unter der Haut verlaufen.

Es entsteht nun die Frage, welcher Natur diese spontan auftretenden und verschwindenden Verengerungen sind, welche vom Centralnervensystem unabhängig und nur dann eintreten, wenn das Thier irgend welchen schädlichen Eingriffen unterworfen wird, wie Exstirpationen des Gehirns, Vergiftungen durch Kohlensäure, Curare (Traube) und durch salpetrigsaures Amyloxyd (Lauder-Brunton). Ich halte nach Allem, was ich bis jetzt über diese Art von Gefässnervenverengerungen mitgetheilt habe, die Behauptung für gerechtfertigt, dass die Verengerungen gar keine functionelle Bedeutung haben und einfache Symptome des Absterbens der Gefässwände in Folge der Blosslegung derselben, der Aufhebung oder Verminderung der vom Centralnervensystem ihnen im normalen Zustande zugeführten Impulse, oder endlich der Vergiftung sind.

Man kann bei längerer Beobachtung dieser Einschnürungen sich nicht der in die Augen springenden Analogie derselben mit in den absterbenden oder krankhaft afficirten Skeletmuskeln auftretenden fibrillären Zuckungen entwehren. Wegen des ringförmigen Verlaufs der Fasern der Gefässmusskeln müssen natürlich ihre Zuckungen zur Einschnürung der Gefässe führen. — Dass wir es bei dieser Art Gefässverengerungen wirklich mit einer Erscheinung zu thun haben, welche nur anormal in Folge des Absterbens der Gefässwände auftritt, geht auch aus der mehrmals von mir gemachten Beobachtung hervor, dass die einzige Möglichkeit, diese Verengerungen zum Verschwinden zu bringen und die Gefässe ihr früheres Lumen annehmen zu lassen, darin besteht, dass man die Gefässe sorgfältig befeuchtet und mit dem Fell des Thieres wieder bedeckt. Lässt man so die Arterie 8 –10 Minuten geschützt vor äusseren Einwirkungen verweilen und entblösst sie von Neuem, so sieht man meistens, dass sie sich wieder erweitert hat und alle Einschnürungen verschwunden sind, um aber bald wiederzukehren, sobald das Gefäss einige Augenblicke den äusseren Schädlichkeiten von Neuem ausgesetzt bleibt.

Das Gesagte schliesst natürlich nicht die Möglichkeit des Vorkommens anderer vom Centralnervensysteme abhängigen Bewegungen in den Gefässwänden aus. Nur soviel ist aber durch meine Versuche gewonnen worden, dass der wahre Charakter dieser auftretenden Zusammenschnürungen erkannt worden ist; ich konnte also bei meinen Untersuchungen über die partiellen Reflexe zwischen diesen Verengerungen und sonstigen vielleicht vorkommenden leicht unterscheiden.

Wenn man von diesen mit dem Nervensystem in gar keiner Bezie-

hung stehenden Verengerungen absieht, so stellt sich heraus, dass man bei Reizung des sensiblen Nerven eines der Grosshirnlappen beraubten Thieres nie reflectorische Verengerungen der Gefässe beobachtet. Im Gegentheil, die Gefässe der Region, zu welcher der gereizte Nerv gehört, erweitern sich sofort ohne jede vorhergehende Verengerung. — Nur gehen bei diesen Versuchen viele Thiere nutzlos dadurch verloren, dass der Eintritt der beschriebenen Verengerungen so schnell nach Blosslegung der Arterie es oft unmöglich macht, die partiellen Reflexe zu beobachten.

Bei einer oberflächlichen Betrachtung scheint also die Abtragung der Grosshirnlappen von identischer Bedeutung sowohl für die allgemeinen, als auch für die partiellen Reflexe zu sein. Im Grunde ist dem aber nicht so.

Die allgemeinen Reflexe der Gefässnerven verändern durch diese Abtragung ganz ihren Charakter, indem anstatt der sonst bei Reizungen am häufigsten eintretenden allgemeinen Gefässverengerungen jetzt nur Erweiterungen vorkommen — während die partiellen Reflexe nach wie vor der Abtragung in einer Gefässerweiterung bestehen, nur mit dem Unterschiede, dass vor derselben dieser Erweiterung eine momentane Verengerung vorangeht, während nach dieser Operation diese vorübergehende Verengerung fehlt. Mit anderen Worten, während bei Thieren, die das Bewusstsein und also die Möglichkeit, Schmerz zu empfinden, behalten haben, die Reizung der centralen Enden sensibler Nerven als Reaction von Seiten der Gefässnerven am häufigsten eine allgemeine Erregung zur Folge hat, tritt nach Abolirung dieses Vermögens, Schmerz zu empfinden, immer eine reflectorische allgemeine Lähmung der Gefässnerven ein. Die partiellen Reflexe aber bestehen sowohl bei vorhandenen, als bei abwesenden Gehirnlappen in einer reflectorischen Lähmung der Gefässnerven der entsprechenden Region; der Unterschied in der Erscheinung ist nur der, dass dieser Lähmung bei erhaltenen Grosshirnlappen oft eine kleine reflectorische Erregung dieser Nerven vorangeht, während nach Exstirpation dieser Gehirnlappen dieselbe fehlt. Dieser letzte Umstand, verbunden mit dem oben über die Veränderungen der allgemeinen Reflexe nach Abtragung der Grosshirnlappen Ermittelten, deutet darauf hin, dass diese Erregung der localen Gefässnerven, welche der Erweiterung vorangeht, überhaupt nicht den Charakter eines partiellen Reflexes an sich trägt, welcher ihnen bis jetzt von den Physiologen vindicirt wurde. Diese transitorische Erregung ist nämlich nur eine Theilerscheinung der allgemeinen Reflexe der Vasomotoren, welche auf Reizung sensibler Nerven eintreten, eine Theilerscheinung, die aber bald verschwindet und der Lähmung der localen Gefässe Platz macht. Diese Lähmung ist also die alleinige specifische Reaction der partiellen Reflexe.

Behalten wir diesen allgemeinen Charakter der vorübergehenden Erregung der localen Gefässnerven im Auge, so müssen wir die Wirkung der Abtragung der Grosshirnlappen auf die partiellen Reflexe so definiren: diese Abtragung hat auf die wirklich partiellen Reflexe gar keinen Einfluss, denn dieselben bestehen sowohl vor, wie nach dieser Operation in einer Lähmung der Gefässnerven, welche der Region des gereizten

Sensiblen entsprechen. Das nach der Abtragung beobachtete Verschwinden der transitorischen Erregung dieses Gefässnerven hängt also nur von den Veränderungen ab, welche diese Operation in den allgemeinen Reflexen veranlasst, von denen die Erregung nur eine Theilerscheinung ist.

Die experimentellen Thatsachen, welche durch die vorliegende Untersuchung gewonnen wurden, gestatten folgende Schlüsse über die Wirkungen der sensiblen Nerven auf die vasomotorischen.

1. Jede Erregung eines sensiblen Nerven, wenn sie direkt auf das Centrum der Gefässnerven im Gehirn übertragen wird, setzt den Tonus sämmtlicher Gefässnerven herab, also allgemeine reflectorisch lähmende Wirkung.

2. Wird eine solche Erregung sensibler Nerven zuerst auf die Grosshirnlappen übertragen und von dort erst auf das Centrum der Gefässnerven, so wird der Tonus sämmtlicher Gefässnerven erhöht — also reflectorisch erregende Wirkung.

3. Ausser diesen Wirkungen auf das gesammte Gefässnervensystem hat jede Reizung eines sensiblen Nerven noch einen speciellen Einfluss auf die Gefässe der ihm benachbarten Region — dieser Einfluss ist immer ein reflectorisch lähmender und wird direkt auf die betreffenden Gefässnerven übertragen.

Durch die Schlüsse ad 1 und 2 lernen wir eine Eigenthümlichkeit der Wirkungen von Nerven auf Centraltheile kennen, zu der ich keine Analogie in der Physiologie auffinden kann. Diese Eigenthümlichkeit besteht darin, dass eine Erregung, welche von einem Nerven ausgeht und ein und dasselbe Centraltheil trifft, ganz entgegengesetzte Wirkungen in diesem Centraltheil zu erzeugen vermag — je nach der Bahn, welche diese Erregung wählt, um vom peripherischen Nerven zum Centraltheil zu gelangen, ist sie im Stande, ihn das eine Mal zu lähmen, das andere Mal zu erregen.

Das reiche Gebiet der dunklen Vorgänge, welches die hemmenden und erregenden Wirkungen der Nerven auf die Ganglienzellen umfasst, wird also dadurch um einen neuen Process vermehrt. Je mannigfacher und verwickelter die Erscheinungen auf diesem Gebiet werden, desto dringlicher wird die Nothwendigkeit, irgend eine Erklärung derselben zu besitzen, die, wenn sie auch keine Ansprüche auf vollständige Exactheit machen kann, doch mindestens im Stande wäre, uns irgend eine Vorstellung von den diesen Erscheinungen zu Grunde liegenden Vorgängen zu geben. — Eine solche Erklärung wird um so nützlicher sein, je grösser die Zahl der Erscheinungen sein wird, auf welche sie sich beziehen kann.

Ich will in den folgenden Zeilen versuchen, eine Hypothese zu geben, welche die hierher gehörigen Erscheinungen der Wirkungen von Nerven auf die mit ihnen in Verbindung stehenden Ganglienzellen erklären soll. Natürlich bin ich weit von der Idee entfernt, für meine Hypothese irgend welchen definitiven Werth zu beanspruchen.

Sie hat eben nur den Vorzug einer grossen Einfachheit und Allgemeinheit, indem sie sich ohne Schwierigkeiten auf die Reflexvorgänge der Skeletmuskeln anwenden lässt, und dabei mit unseren sonstigen physikalischen und physiologischen Begriffen in keinen principiellen Widersprüchen steht.

Ich werde meine Betrachtungen an die Erscheinung anknüpfen, welche durch diese Untersuchung an den Tag getreten ist, weil sie durch die geringe Zahl der bei ihr betheiligten Faktoren ziemlich einfache Verhältnisse darbietet, während ich am Schlusse dieselbe Betrachtung mit Zuhilfenahme der durch sie gewonnenen Sätze auf complicirtere Verhältnisse, nämlich auf die beschleunigenden und hemmenden Nerven des Herzens, anwenden werde.

Bezeichnen wir durch A den Punkt des sensiblen Nerven, auf welchen der Reiz eingewirkt hat, durch B das Centrum der Gefässnerven im Gehirn, das wir der Einfachheit wegen uns als eine einzige Ganglienkugel denken wollen, und durch C eine andere Ganglienkugel in den Grosshirnlappen. AC wird die Nervenfaser sein, welche den gereizten Punkt des Nerven A mit C verbindet; AB die Nervenfaser zwischen A und B und BC eine Nervenfaser, welche B mit C vereigigt. — Die durch unsere oben mitgetheilten Versuche ermittelte Thatsache lautet also, dass eine vom Punkte A nach B übertragene Erregung die Ganglienkugel B lähmt, wenn die Erregung ihren Weg durch die Faser AB genommen hat, dass sie im Gegentheil diese Ganglienkugel B in Erregung versetzt, wenn sie, um zu B zu gelangen, ihren Weg durch die Fasern $AC + CB$ gewählt hat.

Um den wirklich vorhandenen Sachverhalt genau wiederzugeben, müssen wir noch hinzufügen, dass B sich im Augenblicke, wo die von A ausgehenden Reize dasselbe treffen, schon in tonischer Erregung befindet, deren Quelle für unseren Zweck unberücksichtigt gelassen werden kann.

Suchen wir nun nach einer Erklärung, warum die durch AB gelangende Erregung die schon früher in der Ganglienkugel B vorhandene Erregung vermindert oder aufhebt, dagegen die durch $AC + CB$ gelangende die Kugel B noch mehr erregt, so stossen wir auf folgende zwei Möglichkeiten: entweder 1) ist die von A ausgehende Erregung bei ihrem Verweilen in der Ganglienkugel C in ihrer Natur verändert worden, oder 2) die Erregung kam durch CB unverändert in B an, aber die Art der Endigungsweise AB und CB in der Ganglienzelle B ist derart verschieden, dass die gleichartigen Erregungen, die durch diese Endpunkte in die Ganglienzelle ankommen, entgegengesetzte Wirkungen äussern, indem die von CB ankommenden sich zu der schon früher in B entstandenen Erregung addiren, die von AB anlangenden sich von dieser letzteren subtrahiren.

Prüfen wir nun, welche dieser beiden Annahmen mehr Wahrscheinlichkeit für sich hat, so scheint es beim ersten Blick die erste zu sein; sowohl weil sie mit dem, oben von mir über die Erregung des Schmerzes in den Ganglienzellen der Grosshirnlappen (C) Gesagten in Einklang steht, als auch weil es natürlicher erscheint anzunehmen, dass die in C transformirte Erregung mehr Gleichartigkeit mit der in B schon früher vorhandenen hat und darum sich zu ihr leichter addiren kann, als die elektrische Erregung, welche direkt vom Punkte A in B anlangt und ihrer fremdartigen Natur wegen die in B vorhandene eher schwächen könnte.

So bestechlich diese Annahme auch ist, so müssen wir doch auf dieselbe aus mehreren Gründen verzichten. Was ich oben von der Erregung des Schmerzes bei der Reizung sensibler Nerven gesagt habe,

hatte gar nicht die Absicht, der aus dieser Schmerzempfindung hervorgehenden Erregung der Gefässnerven irgend einen speciellen Charakter zuzuschreiben, sondern sollte nur auf die anatomische Stelle hinweisen, in welcher die indirekte Uebertragung der Reizung von den sensiblen Nerven auf die Gefässnerven stattfindet.

Es giebt aber in der Physiologie einen allgemeinen giltigen Satz, welcher die Erregungsvorgänge im Nerven (also die in ihm vor sich gehenden Molekularveränderungen bei der Erregung) für identisch erklärt, welcher Natur der die Erregung auslösende Reiz auch sein mag.

Welcher Art also der von *C* der Faser *CB* mitgetheilte Reiz auch sei, der Erregungsvorgang in derselben muss Kraft dieses Satzes als identisch mit dem in *AC* oder *AB* betrachtet werden.

Nun ist dieser Satz zwar allgemein als richtig anerkannt, aber bei Weitem nicht über alle Zweifel erhoben; so lange wir aber eine Erklärung der uns interessirenden Vorgänge finden können, ohne in Widerspruch mit diesem Satze zu gerathen, müssen wir einen solchen zu vermeiden suchen.

Wenden wir uns daher zu der zweiten Möglichkeit, der nämlich: die Erregungen, welche die Fasern *CB* und *AB* der Ganglienkugel *B* zuführen, seien gleichartig; die Art ihrer Endigungen in der Zelle sei aber verschieden, und diese Verschiedenheit bedinge es, dass die Erregung der ersten Faser den Tonus der Ganglienkugel *B* erhöht, die Erregung der zweiten aber diesen Tonus vermindert.

Es ist uns also noch der schwierigste Theil unserer Aufgabe zu lösen geblieben, nämlich die Vorrichtungen in den Endapparaten zu erforschen, welche diese Verschiedenheiten der Wirkungen ermöglichen.

Ehe wir aber dies zu thun versuchen, wollen wir einige Worte über die Natur der Vorgänge in den Nerven vorausschicken, welche wir als Erregungsvorgänge bezeichnen. Ein den Nerven treffender Reiz erzeugt in ihm einen Erregungsvorgang, der sich nach beiden Richtungen der Nervenfaser fortpflanzt. Die Bewegungsart dieser sich im Nerven fortpflanzenden Erregung ist, wie die schönen Versuche von Prof. Bernstein aus Heidelberg gezeigt haben, eine wellenförmige; diese Versuche haben ferner gelehrt, dass wie bei jeder wellenförmigen Bewegung, so auch im Nerven Interferenzen von Wellen entstehen können, z. B. im elektrotonischen Zustande. Was ist hiernach natürlicher, als die Aufhebung der in einer Ganglienkugel vor sich gehenden Bewegung durch die Erregung einer sogenannten hemmenden Faser auch einer Interferenz der beiden wellenförmigen Bewegungen zuzuschreiben? Die Erklärung der Hemmungserscheinungen durch Interferenz hatte noch vor der Bernstein'schen Arbeit viel mehr Wahrscheinlichkeit für sich, als die andere ihr gegenüberstehende Theorie, welche annimmt, dass die Hemmungsnerven mit einer besonderen Vorrichtung in den Ganglien enden, die es ihnen gestattet, die Widerstände zu vermehren, welche der Auslösung von Bewegungen in den Ganglien entgegen stehen sollen. Diese letztere Theorie, welche also auf eine Reihe sonst überflüssiger Voraussetzungen basirt ist, reicht auch nur für einzelne Fälle von reinen Hemmungsnerven aus, ist aber für andere Fälle (wo z. B. ein Nerv, der sonst die Ganglienzellen erregt, plötzlich zum Hemmungsnerv wird, sobald diese

Zelle von einem anderen ihm gleichartigen Nerven schon in Erregung versetzt ist) ganz unzureichend.

Jetzt aber, wo wir Dank Bernstein's Untersuchungen sowohl über den wellenförmigen Charakter der im Nerven vor sich gehenden Bewegungen, als auch über die in diesen Bewegungen vorkommenden Interferenzen so viel direkte Aufschlüsse erhalten haben, ist es geradezu unstatthaft, zu bodenlosen Voraussetzungen seine Zuflucht zu nehmen, um eine ungenügende Theorie von Widerstandsvergrösserungen zu stützen.

Im Laufe dieser Discussion wird noch eine wohl constatirte Thatsache angeführt, welche dafür spricht, dass wir die Hemmung als eine Interferenzerscheinung zweier wellenförmigen Bewegungen betrachten müssen.

Ist dem nun so, dann lautet die jetzt zu lösende Aufgabe folgendermassen: Welche Vorrichtungen an den Enden der hemmenden Fasern bedingen es, dass die durch ihre Vermittelung den Ganglien zugeführten Bewegungen mit den, von anderer Seite her den Ganglien mitgetheilten, Interferenzen bilden?

Diese Vorrichtungen konnten entweder in besonderen Apparaten bestehen, oder durch die Lage der Eintrittsstelle des hemmenden Nerven zu der Aus- und Eintrittstelle der erregenden Nerven von selbst gegeben sein. Der mechanische Zweck dieser Vorrichtungen kann ein doppelter sein, entweder muss diese Vorrichtung im Stande sein, die von der hemmenden Faser ankommende Bewegung um die Zeitdauer einer halben Wellenlänge später der motorischen Faser mitzutheilen, als diese Faser die Bewegung von der erregenden Faser erhalten hat, oder sie giebt dieser Bewegung eine solche Richtung, dass sie in jedem Moment mit der Bewegung der erregenden Faser interferiren muss. Um das Gesagte an dem von uns gewählten Beispiel anzuwenden, so müsste die Vorrichtung an der Eintrittsstelle der Faser *AB* in die Zelle *B* bezwecken, entweder die von *AB* ankommende Erregungswelle um eine halbe Wellenlänge hinter der zu verzögern, welche von anderer Seite her der motorischen Faser der Ganglienzelle *B*, *BD* (wie wir die vasomotorische Faser bezeichnen wollen) mitgetheilt wird, oder der Bewegung von *AB* eine solche Richtung zu geben, dass sie mit der in *BD* Interferenzen bilden muss.

Die Annahme aber, dass die Eintrittsstellen der hemmenden Nerven besondere Apparate zu dem eben auseinandergesetzten Zwecke besitzen, ist sehr unwahrscheinlich. Nicht nur ist es trotz der vielfachen Untersuchungen mit dem Mikroskope nicht gelungen, irgend etwas von besonderen Apparaten zu bemerken, sondern eine solche Annahme könnte nur für die rein hemmenden Fasern gemacht werden; für diejenigen Fasern aber, die nur unter gewissen Bedingungen hemmend, sonst aber immer erregend wirken, ist die Annahme von constant existirenden Apparaten, die die Faser immer zur hemmenden machen müssen, ganz unzulässig.

Die einzig offen bleibende Möglichkeit wäre die, dass die Vorrichtung, durch welche eine Nervenfaser zur hemmenden wird, durch die Lage der Eintrittstelle dieser Faser im Verhältniss zu der Ein- oder Austrittstelle der erregenden oder motorischen gegeben ist. — Die

Beobachtung, dass, in welchem Moment auch eine hemmende Faser erregt wird, sie immer und anhaltend eine Interferenz der Bewegungen bedingt, zeugt gegen die Abhängigkeit dieser Interferenz von dem zeitlichen Zusammentreffen der Wellen. Viel einfacher und wahrscheinlicher kommt die Interferenz durch die Richtung der auf einander stossenden Wellen zusammen.

Fassen wir das Gesagte zusammen, so stellt es sich heraus, dass die hemmende Funktion einer Nervenfaser nur durch den Winkel bedingt ist, welchen diese Faser beim Eintritt in die Ganglienkugel sowohl mit der austretenden motorischen, als mit jeder andern in die Ganglienkugel eintretenden Faser bildet.

Diese Annahme lässt sich, wie wir gesehen haben, in der einfachsten und ungezwungensten Weise, ohne jede Zuhülfenahme irgend welcher Voraussetzungen, von den gültigsten und bekanntesten thatsächlichen Sätzen der Physiologie ableiten. Sie hat auch den Vorzug, dass sie es erlaubt, uns eine klare Vorstellung von den bei den Hemmungsprocessen vor sich gehenden Bewegungen zu machen und, was noch wichtiger, alle die complicirten und sich widersprechenden Thatsachen, welche die Physiologie über die Hemmungsvorgänge in den Ganglien besitzt, leicht und ungezwungen zu erklären.

Ich will hier nur ein paar Beispiele vorführen, die das Gesagte erläutern werden. Fassen wir zuerst die Erscheinungen in's Auge, welche bei der Hemmung von Reflexbewegungen beobachtet werden. Reizung einer Hautfaser der unteren Extremität ruft in gewissen Skeletmuskeln Contractionen hervor; wird aber gleichzeitig der Thalamus opticus (Setschenoff), oder der Plexus brachialis (Herzen und Schiff), oder irgend eine Stelle des Rückenmarkes gereizt, so wird die von jener sensiblen Hautfaser sonst veranlasste Contraction gehemmt. Die Ursache der Hemmung ist mit Hülfe der gemachten Annahme leicht erklärlich: das erste Mal traf die Erregung die Ganglienkugel in Ruhe, die ihr mitgetheilte Bewegung hat sich also ungestört auf ihre motorische Faser fortpflanzen können. Das zweite Mal stiess die von der einen Faser kommende Bewegung auf eine vom Plexus brachialis kommende, und die beiden Bewegungen hoben sich gegenseitig auf, weil wahrscheinlich der Winkel, den die beiden sensiblen Fasern mit einander bilden, es mit sich bringt, dass ihre beiderseitigen Wellen Interferenzen bilden müssen.

So erklären sich die meisten Differenzen, welche in den reflectorischen Erregungen und Lähmungen der Herz- und Gefässnervencentren auf Reizung der sensiblen Nerven beobachtet werden. Das eine Mal trifft die Erregung eine in Ruhe befindliche Zelle, das andere Mal eine in Erregung versetzte; daher wird es das erste Mal die Nervenzelle erregen, das andere Mal die schon vorhandene Erregung hemmen.

Die so verschiedenartigen Wirkungen der in's Herz eintretenden Nerven lassen sich sehr leicht sogar bei der Annahme erklären, dass es nur eine Art Ganglien im Herzen giebt, in denen sämmtliche Herznerven enden.

Die Verschiedenheiten der Winkel, welche die Enden des Vagus und die Enden der Nervi acceleratorii mit einander, sowie auch mit den sensiblen in die Zelle eintretenden und mit der aus ihr austretenden motorischen Faser bilden, genügen vollkommen, um die Verschiedenheiten der Wirkungen zu erklären; wodurch übrigens nicht behauptet werden soll, dass diese Nerven wirklich in denselben Ganglien münden*). Natürlich muss eine solche Wirkungsweise der hemmenden Herznerven wirklich mit einem Verlust an Reizkräften verbunden sein.

Dieser Verlust ist aber nicht ganz nutzlos, da durch diese Hemmungen eben eine andere Vertheilung der Arbeit des Herzens in der Zeit gewonnen wird**). Man darf in der Thatsache, dass bei Vagusreizung die seltneren Contractionen auch kräftiger sind, keinen Einwand gegen diese Wirkungsweise des Vagus suchen, da die stärkeren Contractionen ja nicht durchaus durch eine Aufspeicherung von Reizkräften bedingt sein müssen, — sie lassen sich ja viel leichter durch eine Ersparniss an Spannkräften in der Muskelsubstanz selbst erklären.

Man kann mir noch den Einwand vorbringen, dass, wenn meine Erklärung richtig sei, man erwarten sollte, dass alle hemmenden Nerven unter Umständen zu bewegenden werden könnten — doch kennen wir ja Nerven, wie der Vagus und der Depressor***), die immer hemmend wirken. Dieser Einwand ist aber darum nicht von Belang, weil er sich durch die Annahme leicht erklären lässt, der Winkel, den diese Nerven mit der motorischen Faser bilden, sei der Art, dass Bewegungen, welche von ihnen ausgehen, sich nie direkt auf die letzteren fortpflanzen können. Es ist übrigens auch durch nichts bewiesen, dass diese Nerven nicht unter gewissen Umständen auch zu motorischen werden können. Es ist ja sehr schwierig, die Bedingungen künstlich herzustellen, welche eine solche Umkehr in der Funktion des Vagus und des Depressor bedingen sollten, da die Zellen, in welchen sie enden, sich in einer fortwährenden tonischen Erregung befinden. Es giebt aber auch eine zuerst von Schelske und dann von mir†) gemachte Beobachtung, welche geradezu für das Vorkommen einer solchen Umkehr in der Funktion des Vagus zu sprechen scheint. Diese Beobachtung besteht in Folgendem: Erwärmt man das ausgeschnittene Froschherz bis zu 37° C., so hören die automatischen Bewegungen des Herzens auf, die Herzgebilde bleiben aber erregbar, wird nun in diesem Moment der Vagus gereizt, so ruft seine Reizung eine Reihe von Herzcontractionen hervor. Der Verdacht von Stromesschleifen, die direkt das Herz treffen sollten, war bei meinen Versuchen sorgfältig ausgeschlossen; auch der Charakter der Herzcontractionen sprach gegen eine direkte Reizung des Herzmuskels; bei dieser letzteren Reizung tritt nämlich eine wurmförmige Zuckung des Herzens ein, die nicht einmal im Stande ist, den Herzinhalt heraus zu treiben. Dagegen veranlasst Reizung des Vagus eine ganze Reihe

*) Das Letztere ist sogar wahrscheinlicher. Siehe oben Abhandlung 6.
**) Siehe oben Abhandlungen 3, 4 und 5.
***) Siehe oben Abhandlung 2.
†) Siehe oben Abhandlung 1.

von Contractionen, welche oft sogar einen tetanischen Charakter besitzen.

Diese leider nur vereinzelt stehende Beobachtung ist meiner Ansicht nach der einzige direkte Beweis, dass wir es bei den hemmenden Vorgängen wirklich mit Interferenzerscheinungen zu thun haben, — ein Beweis, der um so werthvoller ist, als er ganz den Prämissen entspricht, welche man von meiner oben entwickelten Annahme zu machen berechtigt ist.

Zum Schluss will ich mich nochmals gegen den Verdacht verwahren, als betrachte ich die hier entwickelte Hypothese von dem Wesen der hemmenden Nerven als etwas Definitives.

Die vielleicht unüberwindlichen Schwierigkeiten, die sowohl das experimentelle, wie das theoretische Studium von den Brechungen, Reflexionen und Interferenzen, welche Wellen erleiden müssen, die von verschiedenen Stellen in ein so unregelmässig gestaltetes Gebilde wie eine Nervenzelle hineinschwingen, sind mir ebenso evident wie jedem Anderen. Soweit dachte ich auch nicht, den Gegenstand führen zu wollen.

Ich glaube aber jedenfalls, durch die Ableitung des oben mitgetheilten Satzes über die Ursache der hemmenden Wirkungen soviel geleistet zu haben, dass der Physiologe nicht mehr mit solcher Scheu vor diesem Noli me tangere der Nervenphysiologie zurückschrecken wird. Aufgabe der Histologen ist es, zu untersuchen, ob in den Lageverhältnissen der Eintrittstellen von Nervenfasern in eine Ganglienzelle irgend welche Gesetzmässigkeit sich auffinden lässt.

10. Die Geschwindigkeit des Blutstroms in den Venen*).

(Bull. de l'Acad. Imp. d. Sc. de St. Petersbourg, 23. Februar 1871.)

Die Lehre von der Geschwindigkeit des Blutlaufs in den Venen des Körpers ist bis jetzt wegen der Schwierigkeiten, welche Blutgeschwindigkeitsmessungen überhaupt darboten, nur sehr wenig Gegenstand der experimentellen Prüfung gewesen. Die wenigen Messungen von Volkmann, so werthvoll sie an sich waren, können jetzt wohl nicht mehr als maassgebend gelten, und bleibt deren Werth weit hinter dem der übrigen Leistungen dieses verdienstvollen Forschers auf dem Gebiete der Haemodynamik zurück. Erst in der letzten Zeit ist die Möglichkeit gewonnen, genauere Ergebnisse über die Blutgeschwindigkeit zu erlangen, Dank einer

*) Die vorliegende Untersuchung wurde im Winter 1869—70, gemeinschaftlich mit Stud. F. Steinmann, ausgeführt und deren Hauptergebnisse wurden der St. Petersburger zoolog. Gesellschaft in der Sitzung am 26. Februar 1870 mitgetheilt.

neuen von Ludwig angegebenen Methode der Geschwindigkeitsmessung. Diese Methode hat vor den bis jetzt üblichen folgende Vorzüge: dass sie weder fremde Stoffe in den Blutstrom einführt, noch irgendwie in Betracht kommende künstliche Hindernisse demselben in den Weg setzt; sie vermag daher mit viel grösserer Genauigkeit die Menge des Blutes anzugeben, welche in der Zeiteinheit durch den Querschnitt eines Gefässes durchfliesst.

Die nach dieser Methode von Dogiel*) in Ludwig's Laboratorium ausgeführten Messungen der Blutgeschwindigkeit in den Arterien haben die bisher in der Physiologie über diesen Gegenstand herschenden Ansichten bedeutend modificirt.

Das Hauptergebniss dieser Messungen besteht darin, dass die Stromesgeschwindigkeit keine einfache Funktion des Blutdrucks und des Gefässdurchmesssers sei, sondern dass sie hauptsächlich durch die Widerstände bestimmt wird, welche der Kreislauf in den Endbahnen der Arterien zu überwinden hat; da aber diese Widerstände durch mannichfache Verhältnisse, hauptsächlich aber durch den Wechsel der Intensität des Gefässnerventonus, bedeutenden Schwankungen unterworfen sind, so muss die Geschwindigkeit der Blutbewegung in den Gefässen in ziemlich weiten Grenzen von diesen zeitlichen Schwankungen beeinflusst werden. Die Dogiel'schen Messungen beschränkten sich nur auf den Blutstrom in den Arterien. Obgleich man aus den colossalen Schwankungen der Stromesgeschwindigkeit in den Arterien schon a priori ableiten könnte, dass der Strom in den Venen ähnlichen Schwankungen unterliegt, so war eine specielle Untersuchung der Blutgeschwindigkeit in den Venen durch einige Umstände geboten:

1) giebt es einige specielle Faktoren, welche modificirend in den Blutstrom der Venen eingreifen, die bei den Arterien nicht in Betracht kommen, und

2) bedingen es die anatomischen Verhältnisse, dass einige der Widerstände, welche den Blutstrom beeinflussen, nicht in gleichem Sinne in den Kreislauf der Arterien und Venen eingreifen, so z. B. befinden sich diese Widerstände (Verengerungen der kleinen Gefässe) am Ende der Arterien und am Anfange des Venenblutstroms.

Diese Umstände bewogen uns, die Geschwindigkeit des Blutstroms in den Venen einer besonderen Untersuchung zu unterziehen, und wollen wir im Folgenden die Ergebnisse dieser Untersuchung wiedergeben.

Sämmtliche von uns gemachten Versuche sind nach der Ludwig-schen Methode also mit Benutzung der von ihm construirten Stromuhren ausgeführt worden. Was Beschreibung und Besprechung dieser Methode anbetrifft, wollen wir auf das Original der Dogiel'schen Mittheilung verweisen; hier nur die Bemerkung, dass, unserer Ansicht nach, mit dieser Methode kaum die genauen absoluten Werthe der Stromgeschwindigkeit gewonnen werden können; dagegen ist sie bei vorsichtiger Anwendung unschätzbar, wenn es sich bloss darum handelt, relative Werthe über die zeitlichen Veränderungen des Blutstroms zu erhalten. Wir brauchen wohl kaum hinzuzufügen, dass alle in der Dogiel'schen Arbeit mitgetheilten

*) Arbeiten aus dem physiologischen Institut zu Leipzig. 1867.

Cautelen bei unseren Versuchen auf das Sorgfältigste beobachtet wurden; besondere Sorgfalt wurde auf die Reinheit des benutzten Oels verwendet, da man sonst leicht Oel-Embolien im Gehirn und in den Lungen erhält, welche im höchsten Grade störend sind. Unsere Versuche sind ausnahmslos an Hunden angestellt worden; die Kleinheit der in Petersburg überhaupt schwer aufzutreibenden Kaninchen zwang uns leider, von Versuchen an diesen Thieren ganz Abstand zu nehmen. Die meisten zu unseren Versuchen gebrauchten Hunde wurden mit Curare oder Opium narkotisirt. Die zu Messungen benutzten Venen waren die Jugularis externa und cruralis. Der Blutdruck wurde nur in den Fällen gemessen, wo die besonderen Bedingungen des Versuches es erheischten.

Die mit dem Ludwig'schen Instrument direkt erhaltenen Werthe liefern, wie erwähnt, die Menge des in der Zeiteinheit durch den gegebenen Querschnitt des Gefässes strömenden Blutes. Um aus diesen Werthen die Geschwindigkeit des Blutstroms zu erhalten, müssen dieselben in den Querschnitt dividirt werden. Bei den runden, immer über ihr natürliches Lumen gespannten Arterien bietet die Ausmittelung des Querschnittes weiter keine Schwierigkeiten dar. Anders ist es bei den Venen; diese sind meistens weit unter ihr natürliches Lumen gefüllt und bieten, wegen des meist nicht von allen Seiten auf sie gleich stark von den umgebenden Theilen ausgeübten Druckes, einen ovalen Querschnitt. Die Ausmittelung des im gegebenen Augenblick in Betracht kommenden Durchmessers ist also unmöglich und dies um so mehr, als das fortwährende An- und Abschwellen der Venen diesen Durchmesser auch inconstant macht; wir haben daher vollständig darauf verzichten müssen, Angaben über die Blutgeschwindigkeit machen zu können, und beziehen sich unsere Untersuchungen ausschliesslich auf die Ermittelung der Blutmengen, welche im gegebenen Augenblick den Querschnitt der Venen passiren. Aber auch darin mussten wir auf einen Umstand Bedacht nehmen, der leicht zu Irrthümern Veranlassung geben könnte: die von uns benutzten Apparate waren nämlich derselben Construction wie die Ludwig'schen; diese Apparate gestatten aber nur die Anwendung von Canülen, welche nicht mehr als 3 Mm. im Durchmesser haben; die meisten Venae jugulares und crurales aber haben einen bedeutenderen Durchmesser; wir haben daher zu unseren Versuchen uns nach Möglichkeit kleiner und mittelgrosser Hunde bedient und glauben um so mehr die erhaltenen Zahlen auch in ihrer absoluten Bedeutung als richtig ansehen zu dürfen, weil der bei gewöhnlicher Füllung in Anwendung kommende Durchmesser kaum 3 Mm. überschreitet. Da es sich aber in vorliegender Untersuchung auch nur selten um absolute Werthe handelt, sondern hauptsächlich die relativen Veränderungen in Betracht kommen, so ist der ebenerwähnte Umstand von gar keiner Bedeutung, und würden wir sogar kaum einen nennenswerthen Fehler begehen, wollten wir mit Zugrundelegung des Durchmessers von 3 Mm., als des mittleren wirklich benutzten, die Geschwindigkeit des Blutstroms ausrechnen. Wir haben aber davon Abstand genommen, weil die Kenntniss der Geschwindigkeit für relative Messungen von keiner Bedeutung ist, es aber immer eine missliche Sache ist, absolute Werthe nach ungefähren Berechnungen geben zu wollen.

I.

Vergleich der Blutmengen, welche in der Zeiteinheit durch Venen und Arterien fliessen.

Die ersten von uns ausgeführten Versuche bestanden in einfachen Messungen der Blutmengen, welche in der Zeiteinheit durch die Venen durchfliessen, im Vergleich zu denjenigen, die in derselben Zeit die Arterien durchströmen. Hier folgen einige solche Versuche:

Versuch I.

№ der Kugel.	Gefäss, in dem die Messung vorgenommen.	Volum des in 1 Sec. durchfliessenden Blutes in Cubic.		Bemerkung.
2	Vena jugularis. . .	0,39		Hund ♂
3	. . . . .	0,43		mittl. Grösse
4	. . . . .	0,48		Opium.
5	. . . . .	0,43	0,43	
6	. . . . .	0,43		
7	. . . . .	0,48		
8	. . . . .	0,48		
9	. . . . .	0,39		
	Carotis.	Zu schnell um zählen zu können.		

Versuch II.

2	Vena jugularis . .	0,39		Hund ♂
3	. . . . .	0,43		klein.
4	. . . . .	0,43	0,44	
5	. . . . .	0,43		
6	. . . . .	0,54		
1	Carotis.	0,26		
2	. . . . .	0,57	0,44	
3	. . . . .	0,49		

Aus diesen Versuchen sind 2 Thatsachen ersichtlich: erstens, dass die Blutmengen, welche in der Zeiteinheit durch eine Vene fliessen, kaum geringer sind, als die in den Arterien und zweitens, dass die Blutgeschwindigkeit in den Venen auch Schwankungen unterworfen ist, welche aber bei weitem nicht so gross sind, als die von Dogiel in den Arterien beobachteten. — Betrachten wir zuerst die erste Thatsache. Die Messungen der Blutgeschwindigkeit in den Venen, von Keil und Volkmann, haben ergeben, dass die Blutgeschwindigkeit in den Venen um mehr als das Doppelte geringer ist als in den Arterien; dieses Ergebniss fand seine Erklärung sowohl in der grösseren Anzahl und dem weiteren Lumen der Venen, als auch in der bedeutenden Abnahme der Triebkräfte des Herzens in Folge des Durchströmens durch die elastischen Capillaren. Wie wir aber gesehen haben, kann man ohne grossen Fehler die von uns benutzten Röhren von 3 mm. Durchmesser als dem wirklich in Anwendung kommenden Querschnitt der Venen ziemlich nahestehend betrachten. Berechnet man die Geschwindigkeit aus den von uns erhaltenen Zahlen über die

Blutmenge, welche die Venen in der Zeiteinheit passirt, mit Zugrundelegung des gewiss nicht zu hoch gegriffenen Durchmessers von 3 mm., so erhalten wir eine Geschwindigkeit für die Venen, die nur sehr wenig derjenigen der Arterien nachsteht. Da wir aus ersichtlichen Gründen die Messungen in den Arterien und Venen nicht gleichzeitig vornehmen konnten, so könnte man gegen die geführte Vergleichung den Einwand machen, dass die Geschwindigkeit in den Arterien viel bedeutender war in dem Augenblick, als wir die Geschwindigkeit in der Vene massen, als später während der Messung in der Arterie. Die Uebereinstimmung aller unserer Versuche spricht aber gegen die Begründung dieses Einwandes und dies um so mehr, als die mittlere Geschwindigkeit im Venenblutstrom, welche wir aus unseren Versuchen auf die angegebene Weise ableiteten, auch den mittleren Werthen der Dogiel'schen Zahlen wenig nachsteht. Mit einem Worte, das Ergebniss unserer Versuche weicht ganz von der aus Volkmann's Versuchen her allgemein verbreiteten Ansicht ab. Wenn wir vorläufig von der Zahl und der Weite der Venen absehen, so liegt in der Abnahme der vom Herzen ausgehenden Triebkraft allein die theoretische Nothwendigkeit für die geringere Blutgeschwindigkeit in den Venen. Diese Nothwendigkeit ist aber nur eine scheinbare, indem bei den Venen neue Triebkräfte in Betracht kommen, die auf die Arterien gar keinen Einfluss haben: so die Aspiration des Thorax und die Muskelbewegungen. Sind unsere Resultate richtig, so muss die Aspiration des Thorax (die Muskelbewegungen waren bei unseren Versuchen ausgeschlossen) ausreichen, um den Verlust an Triebkräften zu decken, welchen das Blut beim Durchtritt durch die Capillaren erlitten hat. Es können aber auch einige zufällige Umstände vorhanden sein, welche bedingen, dass im gegebenen Augenblick in einer Vene das Blut sich mit ebenso grosser oder selbst grösserer Geschwindigkeit bewegt als in einer Arterie. Wie oben nämlich erwähnt, haben die Dogiel'schen Versuche gezeigt, dass der Blutdruck nicht der die Blutgeschwindigkeit in den Arterien allein bestimmende Factor, sondern, dass der Zustand der kleinen Arterien, sowie der Widerstand in den Capillaren einen sehr wesentlichen Einfluss auf dieselbe ausüben, und zwar sowohl das Lumen der kleinen Gefässe, in welche die betreffende Arterie zerfällt, als hauptsächlich das Lumen der kleinen Gefässe des übrigen Körpers. Nun hat zwar dieses zweite Moment denselben Einfluss auf die Geschwindigkeit in den Arterien wie in den Venen, nicht so aber das erste. Das Hinderniss, welches das Arterienblut zu überwinden hat, um durch die zusammengeschnürten Gefässe durchzugehen, fällt bei den Venen nämlich weg. An sich selbst kann aber dieser für die Venen günstige Umstand keine Beschleunigung in den Venen erzeugen, welche ihr Blut nur aus einer Arterie bekommen, da selbstverständlich durch die Vene in der Zeiteinheit nicht mehr Blut durchfliessen kann, als eben durch die Capillaren durchgepresst wird; anders ist es bei den Venen, welche von mehr als einer Arterie ihren Zufluss erhalten, so z. B. der V. jugularis. Hier kann der Fall eintreten, dass die Blutgeschwindigkeit in der Vene die der Arterien um Einiges übertrifft, so z. B. kann die V. jugularis sinistra einen rascheren Strom als die Art. carotis sinistra haben, im Fall die kleinen Zweige dieser

Arterie stark verengert, während die der Carotis dextra stark erweitert sind, besonders wenn dabei noch im Strombett der V. jugularis dextra irgend ein Hinderniss vorhanden ist. Bei den häufigen Veränderungen, welche das Lumen der Gefässe erleidet, können solche Verhältnisse schon vorkommen.

Wenn wir aber von solchen localen und zufälligen Verhältnissen absehen und nur die allgemeinen Verhältnisse des Blutstroms betrachten, so ist es klar, dass in jedem Augenblick aus dem Venensystem durch's Herz in's Arteriensystem gleiche Blutmengen geworfen werden müssen, wie aus den Arterien in die Venen; sonst würde ja natürlich eine Blutstauung in dem einen oder dem anderen Systeme entstehen. Wären daher die Zahl, die Länge und das Lumen der Venen und Arterien vollkommen gleich, so müsste die mittlerere Geschwindigkeit in den Venen und Arterien vor und nach jeder Zusammenziehung des Herzens ganz gleich sein, d. h. die Blutmenge, welche vor jeder Zusammenziehung den Querschnitt aller Venen passirt, müsste gleich sein der Blutmenge, welche in demselben Augenblick den Gesammtquerschnitt aller Arterien passirt. Nun ist aber sowohl der Querschnitt als auch die Zahl der Venen beträchtlicher als die der Arterien, die Blutgeschwindigkeit (Blutmenge dividirt durch Querschnitt) müsste also in den Venen geringer sein als in den Arterien. Wenn aber unsere Versuche keine zu grosse Abweichung der Blutgeschwindigkeit in den Venen von der in den Arterien herausgestellt haben, so hat dieses erstens seinen Grund in dem schon erwähnten Umstande, dass wir das möglichst grösste Lumen der Venen benutzt haben, sondern dasjenige, welches in den Venen wirklich normal zur Anwendung kommt, dieses letztere, welches wir den physiologischen Querschnitt nennen möchten, ist mehr als um die Hälfte kleiner, als der anatomische. Zweitens haben wir unsere Versuche nur an den Endvenen gemacht, deren Zahl entweder gar nicht, oder doch nur sehr wenig die der Arterien übertrifft. Somit ist auch das zweite Moment weggefallen, welches eine geringere Geschwindigkeit in den Venen als in der entsprechenden Arterie voraussetzen liess. So z. B. ist es klar, dass durch den Querschnitt der V. cruralis in jedem Augenblick dieselbe Blutmenge passiren muss, wie durch die Art. cruralis, da ja sonst eine Blutanfüllung und Volumvergrösserung der unteren Extremität erfolgen müsste. (Nach Fick's Untersuchungen findet eine solche Anschwellung nur am Ende jeder Systole statt, gleicht sich aber sofort aus.)

Es ist also leicht erklärlich, warum wir die Blutmenge, welche in der Zeiteinheit die Vene passirt, im Mittel gleich derjenigen der entsprechenden Arterie gefunden haben. Und wenn man, wie wir oben gezeigt haben, berechtigt ist, ohne grossen Fehler den physiologischen Querschnitt der Endvenen dem Querschnitt der Arterien annähernd gleich zu setzen, so lässt sich aus unseren Versuchen schliessen, dass auch die Geschwindigkeit des Blutes in den Endvenen nur um ein weniges geringer ist, als die der Arterien.

Da es sich in den jetzt folgenden Versuchen nur um die relativen Veränderungen der Blutgeschwindigkeit handelt, und da die Blutgeschwindigkeit doch eine directe Function der Blutmengen ist, welche in der Zeiteinheit den Querschnitt der Gefässe passiren, so werden wir in folgenden Zeilen nur von Veränderungen der Blutgeschwindigkeit

sprechen, trotzdem sich unsere Messungen nur auf Blutmengen beziehen. Was nun das zweite Ergebniss der angeführten Versuche betrifft, nämlich die Beobachtungen der Schwankungen, welchen die Blutgeschwindigkeit in den Venen unterliegt, so ist selbstverständlich die Hauptursache dieser Schwankungen auf die Schwankungen der Arteriengeschwindigkeit zurückzuführen. Da aber nicht alle Veränderungen immer in gleichem Sinn auf die Stromgeschwindigkeit in den Arterien und den Venen einwirken, so hielten wir es für nothwendig, den speciellen Einfluss dieser Veränderungen auf den Blutstrom in den Venen besonders zu untersuchen, wobei noch einige Momente berücksichtigt worden sind, welche nur den Blutlauf in den Venen, nicht aber den in den Arterien modificiren können.

II.

Ursachen der Schwankungen der Geschwindigkeit in den Venen.

Versuch III.

Gefäss, in dem die Messunge vorgenommen.	Bedingungen.	№ der Kugel.	Volum des Blutes, das in 1 Sec. durchströmt, in Cubic.	Bemerkung.
Vena jugularis.	Normal	1	0,54	
		2	0,61	
		3	0,25	
	Aorta comprimirt.	4	0,39	
		5	0,25	
		6	0,30	

Versuch IV.

Vena jugularis.	Normal	1	0,61	Hund ♂ mittl. Grösse Opium.
		2	0,86	
		3	0,72	
		4	0,86	
		5	0,86	
	Carotis der anderen Seite comprimirt.	6	0,54	
		7	0,48	
		8	0,86	
		9	0,72	
		10	0,72	
	Vena jugularis der anderen Seite comprimirt.	12	0,72	
		13	0,72	
		14	0,86	
		15	0,86	
		16	1,08	
		17	1,08	

Versuch V.

Vena jugularis.	Normal	1	0,54	Hund ♂ gross Opium.
		2	0,48	
		3	0,43	
		4	0,48	
		5	0,54	
	Carotis derselben Seite comprimirt.	6	0,48	
		7	0,39	
		8	0,39	
		9	0,39	
		10	0,48	

Diese Versuche bedürfen kaum einer besonderen Besprechung, da das Ergebniss derselben genau den Ableitungen entspricht, welche oben über die allgemeinen Bedingungen des Venenblutstroms gemacht wurden.

III.

Versuche mit Durchschneidung des Rückenmarks.

Vor der Durchschneidung d. Rückenmarks.						Nach der Durchschneidung des Rückenmarks.					
Nummer des Versuchs.	Gefäss, in dem die Messung vorgenommen.	Nummer der Kugel.	Stromvolum in 1 Sec. in Cubic.	Blutdruck in der Carotis in Mm.	Zahl der Herzschläge in 10 Sec.	Gefäss, in dem die Messung vorgenommen.	Nummer der Kugel.	Stromvolum in 1 Sec. in Cubic.	Blutdruck in der Carotis in Mm.	Zahl der Herzschläge in 10 Sec.	Bemerkung.
VI	Vena jugularis	2	0,54	78	16	Vena jugularis	2	0,08	127	20	Hund ♂ mittl. Gr. Curare.
		3	0,61 (0,56)				3	0,07 (0,06)	33	14	
		4	0,48				4	0,04	15	24	
		5	0,54								
VII	Vena jugularis	2	0,86			Vena jugularis	1	0,43			Hund ♀ gross. Curare.
		3	1,08				2	?			
		4	1,44				3	0,43			
		5	0,86				4	0,48			
		6	0,86	59	20		5	0,48	14	36	
		7	0,86				6	0,43			
		8	0,86				7	0,48			
		9	0,86				8	0,43			
		10	1,08								
		11	1,08								
		12	1,08								
VIII	Vena cruralis	1—21	1,76	48	29	Vena cruralis	1—4	1,08	37	33	Hund ♂ gross. Curare.

Wie diese Versuche zeigen tritt sowohl in der Vena jugularis, als auch in der Vena cruralis eine bedeutende Verminderung der Stromgeschwindigkeit in Folge der Durchschneidung des Rückenmarks ein. Dies ist auch leicht erklärlich, da es ja bekannt ist, dass bei einer solchen Durchschneidung fast das gesammte Blut in den Eingeweidegefässen angehäuft wird, welche wegen Lähmung ihrer Gefässnerven an Lumen bedeutend zunehmen; in Folge dessen können natürlich sowohl in den Venen als in den Arterien des Kopfes und der Extremitäten nur geringe Blutmengen strömen; zwar erweitern sich in Folge dieser Durchschneidung auch die kleinen Gefässe der Carotis und der Femoralis, und diese Erweiterung müsste erhöhend auf die Blutgeschwindigkeit in den betreffenden Venen wirken, aber wie schon die Versuche von Dogiel mit Durchschneidung und Reizung der Splanchnici und der Depressores gezeigt haben, überwältigt der Zustand der Bauchgefässe bei Weitem alle lokalen Einflüsse, welche auf das Lumen der übrigen Gefässe wirken. Bei diesen Versuchen tritt nach der Durchschneidung des Rückenmarks natürlich auch eine grosse Verminderung des Blutdrucks in der Carotis ein, und man könnte geneigt sein, die Verlangsamung des Blutstroms auf Rechnung dieser Verminderung zu setzen, eine einfache Ueberlegung zeigt aber, dass hier keine gegenseitige Abhängigkeit dieser beiden Factoren von

einander, sondern nur eine gleichmässige Abhängigkeit beider von einem dritten Factor, nämlich von dem Blutgehalt der Eingeweidegefässe stattfindet.

Wir konnten es unterlassen, Messungen der Blutstromgeschwindigkeit in den Venen auch während der Reizung des Rückenmarks zu machen, da das Ergebniss derselben nach den bis jetzt gemachten Erfahrungen sich leicht im Voraus ableiten liess. Eine solche Reizung muss in Folge der Verengerung des Strombetts in den Eingeweidegefässen eine Zunahme von Geschwindigkeit in den pheripherischen Venen mit sich bringen*). Diese Zunahme wird aber etwas geringer ausfallen in Folge der Vergrösserung der Widerstände in der Blutbahn der Carotis und der Arteria femoralis, hervorgebracht durch die bei dieser Reizung auch hervorgerufene Verengerung ihrer Verzweigungen. Wir haben aber einige solche Reizversuche doch ausgeführt, geleitet durch folgende Ueberlegungen. Aus den bei Ludwig gemachten Untersuchungen von Dr. Asp**) geht hervor, dass der Splanchnicus beim Hunde keine so grosse vasomotorische Bedeutung hat, wie beim Kaninchen, indem die Reizung seines pheripherischen Endes in einigen Fällen nur geringen Einflusss auf den allgemeinen Blutdruck ausübte. Da die allgemeine Blutdruckerhöhung bei Reizung des Rückenmarks von der Reizung der Splanchnikus-Fasern abhängig ist, so konnte man erwarten, dass man auch auf solche Hunde stossen würde, bei denen die Reizung des Rückenmarks sich nur in geringer Blutdruckerhöhung äussern würde. Da ähnliche Versuche an Hunden noch nicht ausgeführt wurden, so hielten wir es nicht für uninteressant, einige solche Versuche anzustellen. Hauptsächlich wurden wir aber dabei von der Hoffnung geleitet, bei solchen Hunden, bei denen die Reizung des Rückenmarks keine allgemeine Blutdrucksteigerung hervorrufen würde, eine Verminderung der Blutgeschwindigkeit in den Venen beobachten zu können, da ja die allgemeine gleichmässig auftretende

---

*) Während des Drucks dieser Abhandlung bekam ich die Heidenhain'sche Arbeit: „Ueber bisher unbeachtete Einwirkungen des Nervensystems auf die Körpertemperatur und den Kreislauf." Der Knotenpunkt dieser Arbeit liegt in der Voraussetzung: es sei aus den Arbeiten Ludwig's und seiner Schüler hervorgegangen, dass die durch Reizung des Rückenmarks hervorgerufene Verengerung der kleinen Arterien des Körpers eine Verlangsamung der Geschwindigkeit in den Capillaren und Venen nach sich ziehen müsse. Obgleich mit den Arbeiten Ludwig's und seiner Schüler über die Blutcirculation ziemlich vertraut, kann ich doch nicht finden, wo Heidenhain diese Meinung geschöpft hat. Die bedeutende Rolle der Splanchnici, welche aus diesen Arbeiten zu Tage getreten ist, zeigt im Gegentheil, dass die bei Reizung des Rückenmarks eintretende Verengerung der Eingeweidegefässe grosse Blutmengen in die peripherischen Gefässbahnen werfen musste. Der Nachweis dieses Antagonismus zwischen den Eingeweide- und peripherischen Gefässen, welche für die Blutvertheilung im Körper von so weit tragender Bedeutung ist, war eben eins der Hauptresultate der Arbeiten Ludwig's und seiner Schüler über Blutcirculation. Hrn. Heidenhain ist dieser Antagonismus eben entgangen und daher seine langen Bemühungen bei der Erklärung seiner sonst so interessanten Versuche über den Einfluss der Reizung sensibler Nerven auf die Innentemperatur des Körpers. Die aus seinen Versuchen folgende Thatsache, „dass bei Reizung der Empfindungsnerven, so wie des verlängerten Markes, nicht bloss der Druck in den Arterien und Venen steigt, sondern auch die Stromgeschwindigkeit in beiden Gefässsystemen zunimmt", brauchte aber nicht erst durch mühevolle Versuche festgestellt zu werden.

**) Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig. 1867.

Verengerung der kleinen Arterien die in die Venen gelangende Blutmenge verringern muss.

Der Erfolg dieser Versuche bestätigte diese Voraussetzungen mehr, als wir hoffen konnten.

Was zuerst die Veränderung des Blutdrucks anbetrifft, so erhielten wir das Resultat, dass sehr häufig Reizung des Rückenmarks entweder gar keine allgemeine Blutdruckerhöhung hervorruft oder nur eine sehr geringe (5—10 Mm.); in den Fällen aber, wo eine bedeutende Blutdruckerhöhung eintritt, erreicht dieselbe doch nicht den Grad, der gewöhnlich bei Kaninchen beobachtet wird. In den erstgenannten Fällen war das Resultat so auffallend, dass wir zuerst den Verdacht fassten, die Reizung des Rückenmarks finde wegen der Stromschliessungen durch die nebenliegenden Gewebe gar nicht statt; wir haben daher unsere nächsten Versuche so angestellt, dass wir zuerst den Atlas durch Beiseiteschieben der ihn bedeckenden Muskulatur vollständig blosslegten und dann durch die Bernard'sche Säge den hinteren Bogen entfernten; so lag das Mark vollständig frei, und wir konnten die Elektroden in dasselbe vollständig isolirt hineinführen. Das Thier blieb während der Blutdruckmessung in der Bauchlage, die Elektroden konnten also während der ganzen Zeit mit der Hand im Mark fixirt werden. Aber auch bei solchen mit der äussersten Sorgfalt ausgeführten Versuchen stiessen wir auf Fälle, wo die Reizung des Rückenmarks eine minimale oder gar keine Blutdrucksteigerung hervorrief. Dieses Resultat ist mit Zuhilfenahme der erwähnten Asp'schen Beobachtungen leicht zu erklären. Eine gleichzeitig im ganzen Arteriensystem eintretende Verengerung der kleinen Gefässe kann für sich allein nur eine geringe Druckerhöhung hervorrufen, da der Zuwachs der Blutmenge, welcher dadurch auf jedes arterielle Gefäss kommt, nur gering sein kann. Man darf nämlich nicht ausser Acht lassen, dass die kleinen Gefässe sich nur verengern und nicht verschliessen, und dass das Gesammt-Strombett der kleinen Gefässe bei dieser Verengerung doch noch immer weiter ist, als dass der Aorta. Die grosse Drucksteigerung, welche man beim Kaninchen bei Reizung des Rückenmarks erhält, hängt ja ausschliesslich von der Verengerung der Eingeweidegefässe ab, und, wie ich anderweitig beobachtet habe, fällt diese Druckerhöhung fast vollständig weg, wenn man dem Kaninchen vorher die Splanchnici*) durchschneidet. Hunde aber, bei denen die vasomotorischen Elemente der Splanchnici unbedeutend sind, müssen sich natürlich wie Kaninchen mit durchschnittenen Splanchnici verhalten.

Versuche:

IX.	normaler Blutdruck in der Carotis	100	Mm.
	während der Durchschneidung steigt er auf	240	„
	einige Zeit später gesunken auf.	38	„
	steigt bei Reizung des Rückenmarkes auf .	40	„
X.	normaler Blutdruck	40	„
	nach Durchschneidung	20	„
	Reizung des Rückenmarks	92	„
	später.	20	„
	nochmalige Reizung	80	„

*) Die Unterschiede in der Splanchnicus-Bedeutung bei Hunden und Kaninchen hängt vielleicht davon ab, dass erstere Fleischfresser sind?

XI.	normaler Blutdruck	120 Mm.
	nach Bloslegung des Rückenmarks	60 „
	nach Durchschneidung des Rückenmarks . .	30 „
	Reizung des Rückenmarkes	132 „
	später.	40 „
	später.	20 „

Was nun die Blutgeschwindigkeit in den Venen bei solchen Thieren anbetrifft, bei denen Reizung des Rückenmarks keine oder nur minimale Blutdruckerhöhung hervorruft, so tritt bei ihnen meistens, wie zu erwarten war, eine Verminderung derselben ein. Die Versuche XII und XIII sollen als Beispiele hierfür dienen.

Versuch XII.

Gefäss, in dem die Messung vorgenommen.	Bedingung.	Nummer der Kugel.	Stromvolum in 1 Sec. in Cubic.		Blutdruck in Carotis in Mm.	Bemerkungen.
Vena cruralis.	Nach Durchschneidung des Rückenmarks.	1	1,16	1,08	37	Hund ♂ gross. Curare.
		2	1,16			
		3	1,00			
		4	1,00			
	Reizung des Rückenmarks.	1	0,44	0,40	45	
		2	0,35			
		3	0.36			
		4	0,45			

Versuch XIII.

Vena cruralis.	Vor Durchschneidung des Rückenmarks.	1—4	0,65		75	Hund ♀ gross. Curare.
	Nach Durchschneidung des Rückenmarks.	2	1,88	1,58	14	
		3	1,51			
		4	1,67			
		5	1,26			
	Reizung des Rückenmarks.	6	?			
		7	?			
		8	?			
		9	0,68	0,66	14	
		10	0.63			
		11	0,60			
		12	0,65			
		13	0,75			
	Aufhören der Reizung.	2	1,50	1,02	23	
		3	0,75			
		4	0,83			
	Reizung des Rückenmarks.	6	0,45	0,42	24	
		7	0,41			
		8	0,45			
		9	0,38			

Wenn man das Resultat dieser Versuche mit den Resultaten derjenigen vergleicht, welche bei eintretender Druckerhöhung eine Beschleunigung des Blutstroms in den Venen zeigen, so sieht man, wie begründet die oben von uns gemachte Voraussetzung war, dass die bei der Druckerhöhung durch Reizung des Rückenmarks eintretende Be-

schleunigung in peripherischen Venen geringer ausfalle durch Verengerung der peripherischen kleinen Arterien, als sie sein würde, wenn Letzteres nicht stattfände. Nun sollte man bei solchen Verhältnissen erwarten, dass in den Fällen wo die Eingeweidegefässe eine geringe Rolle spielen, nach Durchschneidung des Rückenmarks eine Zunahme der Blutgeschwindigkeit in den Venen eintreten müsste, da ja durch die Erweiterung der Blutbahnen in den kleinen Arterien grössere Blutmengen in der gegebenen Zeit in die Venen gelangen können. Diese Beschleunigung braucht aber nicht nothwendig immer einzutreten, da, wenn auch grössere Blutmengen dadurch in den Venen angehäuft werden, durch Abnahme der Triebkräfte aber gleichzeitig eine Stauung derselben erzeugt wird, welche eine Abnahme der Geschwindigkeit veranlassen kann. In der That sehen wir auch in dem Versuch XIII nach der Durchschneidung des Rückenmarks eine solche Beschleunigung wirklich eintreten. Die Thatsache, dass in solchen Fällen trotz der geringen Rolle der Eingeweidegefässe eine bedeutende arterielle Druckverminderung eintritt, steht in keinem Widerspruch mit den vorausgegangenen Auseinandersetzungen, da ja auch eine gleichmässige Erweiterung aller kleinen Arterien eine solche Druckverminderung hervorrufen muss.

IV.

Versuche mit Reizungen sensibler Nerven.

Die eben beschriebenen Mannigfaltigkeiten in den Effecten der Verengerung der Gefässe auf die Blutgeschwindigkeit in den Venen führten uns in die Versuchung, die Veränderungen der Blutgeschwindigkeit zu untersuchen, welche bei Reizung sensibler Nerven eintreten. Die Inconstanz in den Veränderungen des Blutdrucks, welche man bei solchen Reizungen beobachtet, legte uns die Erwartung nahe, auch in den Veränderungen der Blutgeschwindigkeit in den Venen eine Mannigfaltigkeit auftreten zu sehen, die manches Licht in die scheinbar so verworrenen und complicirten Erscheinungen der Blutcirculation werfen könnte.

Die Reizung sensibler Nerven hat zweierlei Wirkungen auf die Circulation zur Folge: 1) eine allgemeine Wirkung auf den gesammten Blutdruck und 2) lokale auf die Gefässe des Bezirks, zu dem die gereizten Nerven gehören. Die allgemeinen Wirkungen bestehen beim normalen Thier meistentheils in einer Druckerhöhung als Folge der allgemeinen Verengerungen der kleinen Arterien; die lokalen in einer Erweiterung der entsprechenden Gefässe; die im Anfang auftretenden Verengerungen dieser letzteren sind meiner Ansicht nach*) nur als Theilerscheinungen der allgemeinen Wirkung zu betrachten. Es war also interessant, die Veränderungen der Blutgeschwindigkeit zu studiren, welche zum Bezirk des gereizten Nerven gehören. Vorauszusetzen waren bei diesen Versuchen folgende Resultate. In den Fällen, wo die Reizung sensibler Nerven eine Druckerhöhung in Folge Verengerung sämmtlicher Gefässe hervorbringt, müsste die Geschwindigkeit in der Vene natürlich zunehmen. Diese Zunahme dürfte aber verschieden gross ausfallen, je nachdem die lokalen Gefässe

*) Hemmungen und Erregungen im Centralsystem der Gefässnerven. Siehe oben.

sich dabei verengern oder erweitern werden, und da die Erweiterung gewöhnlich der Verengerung folgt, so müsste diese Zunahme mit der Dauer der Reizung immer wachsen. In Fällen aber, wo die Gleichmässigkeit der Veränderung sämmtlicher Gefässe keine bedeutende allgemeine (siehe oben) Druckerhöhung hervorruft, müsste wenigstens im Anfange der Reizung eine Abnahme der Blutgeschwindigkeit zu beobachten sein. Da auch an den Arterien ähnliche Versuche noch nicht gemacht worden sind, so haben wir zuerst die Wirkung der Reizung sensibler Nerven auf die Geschwindigkeit in den Arterien angestellt. Das Resultat einer solchen Messung folgt.

Versuch XIV.

Gefäss, in dem die Messung vorgenommen.	Bedingung.	Nummer der Kugel.	Stromvolum in 1 Sec. in Cubic.	Bemerkung.
Carotis.	Normal.	1	0,52	Hund ♂ keine Narkose.
		2	0,56	
		3	0,56	
	Reizung des Nervus tibialis.	4	0,89	
		5	1,04	
		6	1,25	
		7	1,04	

Die nächstfolgenden zwei Versuche zeigen den Einfluss sensibler Nerven auf die Geschwindigkeit in den Venen. Im Versuch XV war die Zunahme der Geschwindigkeit so bedeutend, dass die Messung unmöglich wurde. Da wir auch bei den stärksten Blutdruckerhöhungen nie eine annähernd gleich grosse Geschwindigkeitszunahme sahen, so muss man annehmen, dass in diesem XV. Versuche ausser der allgemeinen Blutdruckerhöhung auch eine lokale Arterienerweiterung stattfand; hier wirkten also gleichzeitig erhöhter Blutdruck und erweiterte Blutbahn. Im Versuche XVI erreichte die Blutgeschwindigkeitszunahme ihr Maximum von Anfang an; entweder trat also hier gar keine lokale Erweiterung ein, oder dieselbe ist ohne vorhergehende Verengerung aufgetreten.

Ohne Reizung des Nervus tibialis.					Während der Reizung des N. tibialis.			
Nummer des Versuchs.	Gefäss, in dem die Messung vorgenommen.	Nummer der Kugel.	Stromvolum in 1 Sec. in Cubic.	Blutdruck in der Carotis in Mm.	Nummer der Kugel	Stromvolum in 1 Sec. in Cubic.	Blutdruck in der Carotis in Mm.	Bemerkungen.
XV.	Vena cruralis	4	0,27		10	0,80 folgt sehr starke Beschleunigung.		Hund ♂ mittelgross Curare.
		5	0,16					
		6	0,19	0,19				
		7	0,19					
		8	0,16					
		9	0,18					
XVI.	Vena cruralis.	3	0,23		8	0,45		Hund ♂ mittelgross Curare.
		4	0,32		9	0,45		
		5	0,25	0,26	10	0,45	0,41	
		6	0,22		11	0,35		
		7	0,30		12	0,34		
					13	0,42		

Besonders lehrreich ist der nächste XVII. Versuch.

Versuch XVII.

Gefäss, in dem die Messung vorgenommen.	Bedingung.	Nummer der Kugel.	Stromvolum in 1 Sec. in Cubic.		Blutdruck in d. Carotis in Mm.	Bemerkung.
Vena cruralis.	Normal.	2	0,40		128	Hund ♀ mittelgross. Curare.
		3	0,35			
	Reizung des Nervus tibialis.	5	0,62			
		6	0,62	0,62	182	
		7	0.62			
		8	0.65			
	Normal.	9	0.79			
		10	0,60			
		11	0,65			
		12	0,75	0,65	150	
		13	0,75			
		14	0,68			
		15	0,57			
		16	0,65			

An diesem Versuche lässt sich besonders schön der Antagonismus constatiren, welcher im Beginn der Reizung zwischen dem Einfluss der allgemeinen Blutdruckerhöhung und der lokalen, vorübergehenden Verengerung auf die Geschwindigkeit in den Venen stattfindet. Im Beginn des Versuchs trat hier eine Blutdruckerhöhung mit Zunahme der Geschwindigkeit auf. Die Druckerhöhung liess beim Aufhören der kurzdauernden Reizung nach, blieb aber immer höher als vor der Reizung — und doch nahm die Blutgeschwindigkeit in den Venen fortwährend zu. Die Ursache dieser Erscheinung ist klar: während der Reizung wurde die Geschwindigkeit durch die allgemeine Blutdruckerhöhung vermehrt, gleichzeitig aber wirkte die locale Verengerung der Arterien deprimirend auf diese Zunahme. Nach Aufhören der Reizung wirkt die allgemeine Blutdruckerhöhung allein, aber bei erweiterten Arterien: daher die Beschleunigung viel grösser, trotzdem dass die Druckerhöhung abgenommen hatte.

Versuch XVIII endlich liefert das Resultat solcher Reizungen, bei denen keine Druckerhöhung eingetreten ist.

Versuch XVIII.

Gefäss, in dem die Messung vorgenommen.	Bedingung.	Nummer der Kugel	Stromvolum in 1 Sec. in Cubic.		Blutdruck in d. Carotis in Mm.	Bemerkung.
Vena cruralis.	Normal.	2	0,54			Hund ♀ mittl. Gr. Curare.
		3	0,60			
		4	0,62	0,55	120	
		5	0,51			
		6	0,50			
	Reizung des Nervus tibialis.	7	?			
		8	0,23			
		9	0,19	0,22	122	
		10	0,25			

Dieser Versuch reiht sich also an diejenigen an, wo wegen der gleichmässigen Verengerung sämmtlicher kleiner Arterien bei Reizung des Rückenmarks keine allgemeine Blutdruckerhöhung eintrat, diese Verengerung aber eine Abnahme in der Blutgeschwindigkeit in den Venen nach sich zog. Die Abnahme der Blutgeschwindigkeit hing also hier von denselben Ursachen ab, wie in den Versuchen mit Reizung des Rückenmarks (Versuch XII und XIII), wo bei gleich bleibendem Blutdruck eine Verminderung der Blutgeschwindigkeit wegen gleichmässiger Verengerung aller kleinen Arterien eingetreten ist.

V.

Versuche mit Athmungssuspension.

Jetzt sollen noch einige Versuche mitgetheilt werden, welche den Einfluss der Kohlensäurevergiftung auf die Blutgeschwindigkeit in den Venen zeigen werden. Die Erscheinungen, welche sich dabei im Blutdrucke kundgeben, sind bekanntlich von mehreren Factoren abhängig, so z. B. von der Erregung der centralen und peripherischen Enden der Vagi, sodann von den krampfhaften Contractionen der kleinen Arterien, die später in Lähmung übergehen, etc. Die Wirkung des ersten Factors giebt sich zuerst kund durch eine kleine Herabsetzung des Blutdrucks und Verlangsamung der Herzschläge; der später auftretende zweite Factor äussert sich in Blutdruckerhöhung. Die Veränderungen der Geschwindigkeit in den Venen werden also natürlich von denselben Factoren abhängig sein; sie werden sich also auch in verschiedenem Sinne äussern, je nachdem die Messung der Blutgeschwindigkeit in dem Momente, wo der erste Factor oder wo der zweite das Uebergewicht hat, vorgenommen wurde. Wir theilen hier einige Versuche mit, die dieses Verhältniss erläutern sollen.

Bei normaler Athmung.						Bei Athmungssuspension.				
Nummer des Versuchs.	Gefäss, in dem die Messung vorgenommen.	Nummer der Kugel.	Stromvolum in 1 Sec. in Cubic.	Blutdruck in der Carotis in Mm.	Zahl der Herzschläge in 10 Sec.	Nummer der Kugel.	Stromvolum in 1 Sec. in Cubic.	Blutdruck in der Carotis in Mm.	Zahl der Herzschläge in 10 Sec.	Bemerkungen.
XIX	Vena jugularis.	2	0,38			7	1,14			Hund ♀ klein Curare.
		3	0,47			8	1,14			
		4	0,52			9	1,14			
		5	0,40							
		6	0,34							
		10	1,63							
		11	1,63							
		12	1,63							
		13	1,91							
		14	1,63							
		15	1,63							
		16	1,43							
		17	1,44							
		18	1,04							
		19	0,67							

Bei normaler Athmung.							Bei Athmungssuspension.					
Nummer des Versuchs.	Gefäss, in dem die Messung vorgenommen.	Nummer der Kugel.	Stromvolum in 1 Sec. in Cubic.	Blutdruck in der Carotis in Mm. Im Mittel.	Differ. zw. Max. u. Min.	Zahl der Herzschläge in 10 Sec.	Nummer der Kugel.	Stromvolum in 1 Sec. in Cubic.	Blutdruck in der Carot. in Mm. Im Mittel.	Diff. zw. Max. u. Min.	Zahl der Herzschläge in 10 Sec.	Bemerkungen.
XX	Vena jugularis.	1 2 3	0,54 0,51 0,67	139	3—4 Mm.	21	4 5	0,81 0,76	142 152	8 24	19	Hund ♂ mittl. Gr. Keine Narkose.
			0,81 1,14 1,14 1,27	153	1 Min.	34						
XXI	Vena cruralis.	1 2	0,31 0,28	78 64		21	3 4 5 6	0,33 0,40 0,49 0,57	52 84		24	Hund ♂ mittl. Gr. Curare.
		7 8	0,60 0,81	95	22	11	9 10	1,04 1,04	138	40	8	
XXII	Vena cruralis.	1 2 3	0,37 0,49 0,52	86		20	4 5	0,44 0,45	68 75	38	5	Hund ♂ mittl. Gr. Curare.
		1 2 3	0,39 0,36 0,36	96		17	4	0,28	100	24	9	
		5 6	0,43 0,14				7 8 9 10	0,20 0,18 0,28 0,27				

In den 3 ersten Versuchen sehen wir, dass die Blutgeschwindigkeit in den Venen bei der Vergiftung des Thieres mit Kohlensäure beträchtlich zunimmt; diese Zunahme hängt von der eintretenden Erhöhung des Blutdrucks ab, mit der sie auch Hand in Hand geht. Die Abhängigkeit wird dadurch bewiesen, dass nach Herstellung der Athmung diese Beschleunigung fortdauert und selbst zunimmt, so lange die Druckerhöhung dauert, resp. im Wachsen begriffen ist. Auch hier tritt also, trotz der Vermehrung der Widerstände, in den kleinen Arterien doch eine Beschleunigung ein in Folge der grossen Blutmengen, welche in den peripherischen Kreislauf durch Verengerung der Blutbahn in den Eingeweidegefässen geworfen werden. Die dadurch bewirkte erhöhte Spannung in den Gefässen*) überwiegt den Einfluss der Zunahme der Widerstände. Ausser dieser Zunahme der Widerstände wirkt aber noch ein zweites Moment deprimirend auf die Vermehrung der Blutgeschwindigkeit, nämlich die durch Reizung der Vagi hervorgerufene Verlangsamung der Herzschläge; ohne diese deprimirende Wirkung würde die Beschleu-

*) Und nicht, wie Heidenhain meint, das Wachsen der vom Herzen entwickelten Triebkräfte, l. c. pag. 547.

nigung noch viel bedeutender ausfallen. Dies ist besonders klar im Versuch XX. Nach Wiederherstellung der Athmung blieb der Druck einige Zeit eben so hoch, wie während der Asphyxie; die Blutgeschwindigkeit nahm aber fortwährend bedeutend zu. Diese Zunahme bei gleich bleibendem Drucke kann nur durch die eingetretene starke Beschleunigung der Herzcontractionen erklärt werden. Die Vagus-Reizungen durch Kohlensäure hören ja bekanntlich bei wiederhergestellter Athmung viel schneller auf, als die Erregung der Gefässe.

Der vierte der angeführten Versuche (XXII) zeigt im Gegensatz zu den übrigen dreien eine Abnahme der Geschwindigkeit*) während der Asphyxie; die gleichzeitige Verlangsamung der Herzschläge und Abnahme des Blutdrucks geben vollständig Rechenschaft für dieses abweichende Resultat: hier wurde die Messung in dem Augenblicke angestellt, wo die Vagus-Reizung schon ziemlich wirksam war, während die Gefässe noch nicht verengt waren.

Zum Schluss theilen wir noch einen Versuch mit, bei dem die Suspension der Athmung auf eine abweichende Weise bewerkstelligt wurde. Einem unvergifteten Hunde wurde die Luftröhre vor der Exspiration zugeklemmt bei vollständig gefüllten Lungen.

Versuch XXIII.

Gefäss, in dem die Messung vorgenommen.	Bedingung.	Nummer des Versuchs	Stromvolum in 1 Sec. in Cubic.	Blutdruck		Zahl der Herzschläge in 10 Sec.	Bemerkung.
				Im Mittel.	Differenz zum Max. und Min.		
Vena cruralis.	Normal.	1	1,14				Hund ♀ klein. Keine Narkose.
		2	1,14				
		3	1,14				
		4	1,14				
	Exspiration verhindert.	5	sehr	90	60	6	
		6	langsam.				
	Normal.	7	0,49	137	10		
		8	0,51				
		9	0,51			12	
		10	0,57	156	12		
		11	0,63				
		12	0,88				
	Exspiration verhindert.	13	0,18	93	54	6	
		14	0,51				
	Normal.	15	0,49				
		16	0,57				
		17	0,81				
		18	0,95				
		19	1,14				
		20	1,14				
		21	1,14				
		22	1,14				
	Exsp. verhind.	23	0,17				

*) Während des Drucks dieser Arbeit ging uns auch eine Untersuchung von Kowalewsky und Dogiel zu (Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie, 1870, 10. u. 11. Heft): Ueber den Einfluss der Kohlensäurevergiftung auf die Blutgeschwin-

Tab. V

Fig. 1

Wie man sieht, hat die drei Mal vorgenommene Verhinderung der Exspiration jedesmal eine bedeutende Abnahme der Geschwindigkeit veranlasst, ein Ergebniss, das durch die bekannte Blutstauung in den Venen bei Verhinderung der Exspiration durch Verengerung oder Verschluss der Stimmritze sich leicht erklären läss.

---

11. Ueber den Nervus depressor beim Pferde.

(Bullet. de l'Acad. Imp. de Scienc. de St. Petersbourg, 24. März 1870.)

Bei Gelegenheit einer Vivisection am Pferde wollte ich untersuchen, ob Pferde auch einen gesonderten Nervus depressor besitzen. Ich habe diese Untersuchung ausgeführt und will hier das Ergebniss derselben mittheilen.

Ein sonst gesundes Pferd wurde in der Seitenlage befestigt. Durch einen Schnitt am Halse wurde die Vena jugularis freigelegt. Ich wollte das Pferd mit Curare vergiften und den Versuch während der Narcose ausführen. Mein Apparat für künstliche Respiration hat sich aber als zu klein erwiesen, um die Pferdelungen mit genügender Quantität Luft zu versorgen. Ich musste daher zu einem anderen Mittel greifen und benutzte als solches eine Chlorallösung. Ich spritzte in die Vena jugularis 10 Grm. Chloral ein, da aber dieselben keine Wirkung zu erzeugen schienen, und das Thier fortfuhr, heftige Bewegungen zu machen, so verdoppelte ich die schon eingespritzte Menge. Im Ganzen bekam also das Thier 20 Grm. Chloral. Gleich nach der zweiten Einspritzung wird das Thier ruhiger, die Narcose ist zwar nicht vollständig, aber die heftigen Bewegungen haben aufgehört und treten nur noch bei Reizung der Nerven ein. Darauf schritt ich zur Präparation der Carotis und der Nerven. Ich fand neben der Carotis drei ziemlich starke Nervenstämme, und es handelte sich nun darum, deren Natur zu erkennen. Der Vagus konnte leicht durch seine bedeutendere Stärke erkannt werden. In den anderen zwei Nerven von fast gleicher Stärke vermuthete ich den N. depressor und den Sympathicus. Ich unterband diese beiden Nerven und durchschnitt den etwas stärkeren. Die gleich darauf eintretende starke Temperaturerhöhung der entsprechenden Kopfhälfte zeigte mir sogleich an, dass ich den Halssympathicus durchschnitten habe. Die Gefässe des Ohres und des Auges erweiterten sich sehr stark.

---

digkeit. Auffallenderweise gehen auch Kowalewsky und Dogiel von derselben irrthümlichen Voraussetzung aus, wie Heidenhain im Beginn seiner Arbeit: Druckerhöhung in Folge von Gefässverengung müsse durchaus eine Abnahme der Geschwindigkeit in den Venen zur Folge haben; auch ihnen ist also der in der Blutvertheilung zwischen den peripherischen und den Eingeweidegefässen bestehende Antagonismus dessen Wichtigkeit für die Blutgeschwindigkeit die frühere Dogiel'sche Untersuchung nachgewiesen hat, entgangen. Die auch von ihnen beobachtete Beschleunigung der Blutbewegung in den Venen während der Athmungssuspension musste sie ja auf die Unrichtigkeit ihrer Voraussetzung aufmerksam machen.

Nun setzte ich die Carotis in Verbindung mit einem am Kymographion befestigten Manometer und liess einige Zeit die Pulsschläge auf der Trommel aufzeichnen. Der Blutdruck war ziemlich gering, 150—160 Mm., eine Erscheinung, die ich in allen Fällen von Chloralnarcose beobachtet habe. Die Zahl der Herzschläge war 34 in der Minute. Die systolische Erhebung jedes Herzschlages betrug mit grosser Regelmässigkeit 12 Mm.

Nachdem der Druck einige Zeit aufgezeichnet worden, tetanisirte ich das centrale Ende des dritten Nerven. Die sofort eingetretene beträchtliche Senkung des Blutdrucks zeigte mir an, dass ich wirklich den Depressor auf den Electroden hatte. Gleichzeitig mit dem Sinken des Blutdrucks verlangsamte sich auch die Zahl der Herzschläge und die systolische Erhebung jedes einzelnen Schlages verminderte sich mehr als um die Hälfte. Das Sinken des Blutdrucks war so beträchtlich, wie ich es noch bei keinem Thiere in solchem Falle beobachtet habe. Von 150 Mm. sank der Blutdruck auf 20—15 Mm. Das Sinken dauerte während der ganzen Reizung und ging in eine Drucksteigerung über, sobald ich die Reizung unterbrochen hatte.

Ausser dieser ganz ausserordentlichen Drucksenkung war bei diesem Versuche noch die relativ geringe Empfindlichkeit des N. depressor auffallend. Während die leiseste Berührung des Vagus sehr heftige Bewegungen des Thieres veranlasste, blieb dasselbe bei Reizung des Depressor ziemlich ruhig.

Ich füge hier eine Zeichnung der Nerven bei, welche ich später an demselben Pferde herauspräparirt habe. Wie man sieht, hat der Nervus depressor beim Pferde einen Ursprung, der mit dem beim Kaninchen viel Aehnlichkeit besitzt. Auch beim Pferde erhält der Depressor zwei Wurzeln, die eine vom Laryngeus superior, die zweite vom Vagus. Er erhält aber auch mehrere Nervenfäden von einem Nerven (*A* der Tafel V), welcher nach unten in den Vagus endet und etwas oberhalb mit dem Ganglion cervicale supremum anastomisirt. Woher dieser Nerv stammt, konnte ich nicht ermitteln, da ich das Thier oberhalb des Ganglion cervicale decapitirt habe. Jedenfalls sind die Verbindungen dieses Nerven höchst interessant, und beabsichtige ich, nächstens denselben einer Prüfung am lebenden Thiere zu unterwerfen.

Nicht minder interessant ist das Nervennetz, welches vom Ganglion cervicale supremum entstammt und, die Art. carotis umgreifend, in die Wandung derselben eintritt, und zwar meistens in der Richtung nach unten. Auch diese Nerven sollen nächstens einer experimentellen Prüfung unterworfen werden.

Erklärung der Tafel V.

Fig. 1. Die Halsnerven des Pferdes frisch präparirt; nur der die Carotis versorgende Plexus etwas mit Essigsäure behandelt.

Fig. 2. Der Ursprung des Depressor, nachdem das Präparat längere Zeit in Essigsäure gelegen hat. *A* = ein unbekannter Ast des N. vagus; *B* = N. laryngeus sup.; *a*, *b* und *c* = die Wurzeln des N. depressor; *D* = N. vagus; *E* = Ggl. cervicale; *F* = Art. carotis; *G* = N. sympathicus.

12. Zur Lehre von der reflectorischen Erregung der Gefässnerven.

(Archiv für Physiologie von Pflüger, 1873.)

In diesem Archiv (1871. Bd. IV.) hat Heidenhain eine Untersuchung veröffentlicht: „Ueber Cyon's neue Theorie der centralen Innervation der Gefässnerven."

Diese Untersuchung hatte zum Gegenstande eine Prüfung einiger von mir in zwei Abhandlungen*) mitgetheilten Beobachtungen über die Reflexe, welche von den sensiblen Nerven auf das Gefässnervencentrum übertragen werden. Diese Beobachtungen bestanden in Folgendem:

Die Veränderungen in den Gefässluminas, welche bei Reizung sensibler Nerven auftreten, sind bekanntlich so verwickelter und verschiedenartiger Natur, dass man oft an jede Möglichkeit, irgend eine Gesetzmässigkeit diesen Erscheinungen abzugewinnen, verzweifeln muss. Die Hauptverschiedenheit in den beobachteten Reflexen von den sensiblen Nerven auf die Gefässnerven besteht darin, dass man bei Reizung solcher Nerven unter gewissen Umständen statt der meistens eintretenden Erhöhung der Erregung des Gefässnervencentrums eine Verminderung der normalen tonischen Erregung dieses Centrums beobachtet.

Es ist mir gelungen, eine der Ursachen dieser Verschiedenheit in den Reflexen aufzufinden, die nämlich, dass der Weg, welchen die Erregung wählt, um von den sensiblen Nerven zum Gefässnervencentrum zu gelangen, für den Erfolg der Erregung von entschiedener Bedeutung ist; führt dieser Weg durch die intacten Grosshirnlappen, so summirt sich die neue Erregung zu der schon bestehenden; sind dagegen die Grosshirnlappen entfernt, oder durch Narkotisation mit Chloral, Chloroform etc. theilweise ausser Thätigkeit gesetzt, so wird die neue Erregung von der schon vorhandenen subtrahirt.

Ich glaubte durch diese Beobachtung, die Verworrenheit der Erscheinungen, welche bei diesen Reflexen zum Vorschein kommen, um Einiges verringert zu haben, indem ich einige der scheinbaren Gegensätze auf ihre wahre Ursache zurückgeführt habe.

Ich kann daher den mir von Heidenhain gemachten Vorwurf, als habe ich die Lehre von der Innervation der Gefässnerven durch die mitgetheilte Beobachtung noch verworrener gemacht, nicht gelten lassen. — Im Gegentheil, die durch diese Beobachtungen verringerte Verwirrung würde von Neuem in ihrer vollen Kraft zurückkehren, wenn es sich herausstellen sollte, dass meine Beobachtungen, wie Heidenhain meint, in einer übersehenen Fehlerquelle ihren Grund haben und die aus ihnen gezogenen Schlüsse unbegründet seien.

Ich hoffe, dass es mir durch vorliegende Mittheilung gelingen wird, die Einwände, welche Heidenhain gegen meine Schlüsse gemacht hat, zu entkräften, und dass auf diese Weise meine früheren Untersuchungen doch als Beitrag zur Aufklärung der verworrenen Erscheinungen auf diesem Gebiete werden gelten können.

Gegen meine Versuche mit Abtragung der Grosshirnlappen führt

*) Sur les actions reflexes etc. Comptes rendus 1869, und Hemmungen und Erregungen etc. Bullet. de l'Academie des Sciences de St. Petersbourg, 1870. S. oben.

Heidenhain die Versuche von Dittmar und Owsiannikoff als solche auf, die im directen Widerspruche mit den meinigen stehen.

Wenn dem auch so wäre, so sehe ich doch nicht ein, inwiefern meine Beobachtungen dadurch an Werth einbüssen sollten. Wir besitzen in der Physiologie ja genug ganz genau beobachteter Thatsachen, welche im scheinbaren Widerspruche mit einander stehen; und wenn es uns auch nicht gelungen ist, bis jetzt solche Widersprüche zu lösen, so bleiben doch die ihnen zu Grunde liegenden thatsächlichen Beobachtungen — nichtsdestoweniger — Thatsachen.

In der That besteht aber zwischen den erwähnten Beobachtungen und den meinigen nicht nur kein Widerspruch, sondern sie ergänzen auch nach einer Seite hin die meinigen.

Diese Beobachtungen sind mir natürlich bei Abfassung meiner Abhandlungen vollkommen bekannt gewesen.

Die Versuche von Owsiannikoff sind sogar zum Theil in demselben Laboratorium der St. Petersburger Universität ausgeführt worden, wo ich auch die meinigen angestellt habe.

In der Abhandlung, gegen welche Heidenhain mir diese Untersuchungen entgegenhält, sind dieselben nicht nur besprochen, sondern auch als Stützen für die gegebene Deutung meiner Versuche angeführt worden.

Die betreffende Stelle, welche Heidenhain wahrscheinlich darum entgangen ist, weil darin die Namen der Forscher nicht angegeben sind, lautet folgendermassen:

„Seit dem Erscheinen meiner Arbeit“ (der kurzen Mittheilung der Pariser Academie) „ist von anderer Seite her der Versuch gemacht worden, die Stelle des Gefässnervencentrums genauer zu localisiren; man ist dabei vorläufig zu dem Resultate gelangt, dass das gefässverengende Centrum sich jedenfalls unterhalb der Grosshirnlappen befindet. — Die erste Deutung meiner Versuche ist jetzt nicht mehr unwahrscheinlich, sondern geradezu unmöglich. Man muss also zur zweiten, schon damals von mir bevorzugten, seine Zuflucht nehmen.“

Es ist für mich auch ganz unverständlich, worin ein Widerspruch zwischen meinen Untersuchungen und denen von Dittmar und Owsiannikoff bestehen soll, da diese Untersuchungen ganz verschiedene Zwecke verfolgten. Die letzteren Forscher suchten die anatomische Lage des Gefässnervencentrums zu ermitteln, während ich die physiologischen Eigenschaften dieses Centrums zu eruiren mich bemühte. — Die Localisation dieses Centrums kam meiner Untersuchung insofern zu Gute, als sie festgestellt hat, dass in den Grosshirnlappen kein solches Centrum existirt; damit war mir erst die Möglichkeit gegeben, jede andere Deutung meiner Versuche auszuschliessen und zu der von mir dort entwickelten und von Heidenhain bekämpften Deutung zu greifen.

Heidenhain, der einen Widerspruch in den Ergebnissen unserer Versuche zu finden glaubte, erklärt meinen vermeintlichen Irrthum dadurch, dass meine Operationsweise eine viel rohere und vieldeutigere ist. — Ich kann diese Erklärung nicht nur deswegen nicht gelten lassen, da, wie ich gezeigt habe, weder Irrthum noch Widerspruch wirklich vorhanden ist, sondern auch weil die Beurtheilung der Operationsweisen selbst mir ungerechtfertigt erscheint.

Wenn ich nach vollständiger Entfernung der Grosshirnhemisphären gewisse Erscheinungen am Thiere wahrnehme, so bin ich berechtigt, mit absoluter Gewissheit den Schluss zu ziehen, dass die entfernten Hirntheile an diesen Erscheinungen nicht mehr Theil nehmen. Wenn ich aber Durchschneidungen von Hirntheilen durch Einführung eines Messers durch eine enge Trepanationsöffnung vornehme, so mag ich noch so sorgfältig die Sectionen ausführen — die Richtigkeit meiner Schlüsse hat schon einen viel geringeren Wahrscheinlichkeitsgrad.

Es ist nicht nur absolut unmöglich, bei so zarten und complexen Gebilden, wie das Hirn, zwei Mal genau dieselbe Anzahl von Hirntheilen zu trennen, sondern bei der erwähnten Verfahrungsweise genügt schon eine minimale Ablenkung des Winkels, unter welchem das Messer eingeführt wird, um mit der Spitze relativ bedeutende Schwankungen in der Wahl der zu operirenden Hirnmasse zu machen.

So roh die Entfernung des Gehirns als Operation auch ist, so sind doch derartige Schlüsse, wie ich aus solchen Versuchen gezogen habe, vollkommen vorwurfsfrei. — Uebrigens gelingt es bei gehöriger Uebung beim Kaninchen die Grosshirnlappen fast ohne jede Blutung zu entfernen.

Wie dem auch sei, dieser Heidenhain'sche Einwand gegen meine Beobachtungen, welche auf derartige Untersuchungen basirt sind — und dieser Einwand ist der einzige, welchen er gegen diesen Theil meiner Versuche anführt — ist also als vollständig beseitigt zu betrachten.

Wenden wir uns nun zu meiner zweiten Versuchsreihe, derjenigen nämlich, wo ich die Grosshirnlappen durch Einspritzungen von Chloral ausser Thätigkeit gesetzt habe.

Heidenhain hat diese Versuche wiederholt und die von mir gemachte Beobachtung bestätigt, dass bei solcher Narcose der Charakter der Reflexe von den sensiblen auf die Gefässnerven sich vollständig umwandelt, indem man anstatt Erhöhungen des Blutdrucks — Verminderungen desselben erhält.

Nur in der Deutung dieser Erscheinungen weicht Heidenhain von mir vollständig ab, indem er diese Veränderung nicht als Folge der veränderten Innervationsvorgänge des Gefässcentrums, sondern nur als Nebenumstand betrachtet, der durch die Aenderung in der Athmung veranlasst wird, welche bei Reizung der sensiblen Nerven eintritt.

Ehe ich zur Besprechung der von Heidenhain angeführten experimentellen Belege für seine Deutung der in Rede stehenden Beobachtung schreite, will ich nur auf eine einfache Ueberlegung aufmerksam machen, welche ohne Weiteres die Grundlosigkeit der mir gemachten Einwände beweist.

Die ganze Untersuchung Heidenhain's richtet sich nämlich gegen die von mir aus den Versuchen abgeleitete Aufstellung, dass bei narcotisirten Thieren die Natur des Reflexes von den sensiblen Nerven auf die Gefässnerven geändert wird. Und ohne es zu bemerken, führt er dagegen eine ganz analoge Aufstellung auf, nämlich die, dass die Natur der Reflexe von den sensiblen Nerven auf die Athmungsnerven durch Narcotisation ganz geändert wird.

In der That entweder diese letzteren Reflexe bleiben nach der Narcotisation dieselben, wie vor derselben — dann können diese Reflexe nicht dazu benutzt werden, um das bei Reizung sensibler Nerven bei narcoti-

sirten Thieren eintretende Sinken des Blutdrucks zu erklären; denn trotz derselben Athmungsreflexe bewirkt ja die Reizung bei nicht narcotisirten Thieren eine Erhöhung des Blutdrucks. Oder die Reflexe der sensiblen Nerven auf die Athmungsnerven werden durch die Narcotisation ganz umgewandelt; dann ist es aber evident, dass bei Thieren, bei denen die Grosshirnhemisphären durch Narcotisation ausser Thätigkeit gesetzt worden sind, die Natur der Reflexe geändert werden könne.

Dies ist aber, wie gesagt, die einzige Aufstellung, gegen welche Heidenhain, als eine, nur Verwirrung nach sich ziehende, ankämpft!

Das Uebersehen dieser auf der Hand liegenden Ueberlegung raubt natürlich der ganzen gegen mich gerichteten Beweisführung jeden Halt. Wenn ich aber dennoch auf eine experimentelle Prüfung der Heidenhain-schen Untersuchung eingegangen bin, so geschah es nur darum, weil die durch dieselbe von Neuem berührte Frage, über die Beziehungen der Athmungsveränderungen zu den Veränderungen des Blutdrucks, mir eine neue experimentelle Prüfung zu verdienen schien.

Zur Entscheidung der Frage, ob die bei Reizung sensibler Nerven bei narcotisirten Thieren eintretende Blutdrucksverminderung wirklich von den dabei eintretenden Athmungsveränderungen abhängt, würde es genügen, denselben Versuch bei einem Thiere zu wiederholen, dem die Brusthöhle eröffnet ist und bei dem die künstliche Athmung unterhalten wird. Heidenhain hat solche Versuche nur bei Thieren mit künstlicher Athmung und uneröffnetem Thorax ausgeführt; diese Versuche haben ihm aber keine Resultate ergeben und zwar, weil die noch fortdauernden selbständigen Thoraxbewegungen störend in die Beobachtung eingreifen.

Um diese Thoraxbewegungen auszuschliessen, griff Heidenhain zur Vergiftung der Thiere mit Chloral und Curare; bei solchen Thieren bewirkt Reizung der sensiblen Nerven nur Steigerung des Blutdrucks.

Ich kann diesen Versuch nicht als die meinigen entkräftigend betrachten, da wir vollständig darüber im Unklaren sind, welche Effecte wir durch Einführung von zwei solchen complicirten Körpern in's Blut erzielen. So lange wir die Wirkungen eines Gemenges von Chloral und Curare auf den thierischen Organismus nicht kennen, sind wir nicht im Entferntesten berechtigt, aus solchen Versuchen Schlüsse über so delicate Vorgänge, wie die in Rede stehenden, zu machen. Es würde ja genügen, dass Curare die Wirksamkeit des Chlorals aufhebe, um solche Versuche ganz werthlos zu machen.

Ich habe meinen Assistenten Herr S. Tschirieff, mit der experimentellen Prüfung der Frage beauftragt, in wie fern die Veränderungen der Athmung bei meinen Versuchen mit im Spiele waren. Die Resultate seiner Untersuchung sind in russischer Sprache schon im Mai 1872 von ihm ausführlich in einer als Dissertation benutzten Schrift niedergelegt worden. Ich werde mich daher hier mit einem kurzen Resumé desselben begnügen.

Die erste Frage, welche zu entscheiden war, bestand darin, wie sich überhaupt die Athmung an Zahl und Tiefe verändert bei Reizung sensibler Nerven. Zur Entscheidung dieser Frage war es nothwendig, die Athmung wenigstens mit annähernder Genauigkeit zu registriren.

Von der Anwendung des Marey'schen Phrenographen, welcher von Heidenhain benutzt worden ist, haben wir gleich nach den ersten Versuchen Abstand nehmen müssen. Dieser Apparat ist für solche Zwecke ganz untauglich: das fortwährende Herumrutschen des Apparats auf dem Thorax, besonders bei heftigen Athembewegungen, giebt zu argen Täuschungen nicht nur in Bezug auf Tiefe, sondern oft auch in Bezug auf Zahl der Athmungen Veranlassung.

Ich habe daher Herrn Tschirieff veranlasst, zur Registration der Athembewegungen einen kleinen von mir construirten Ventilationsapparat*) zu benutzen, welchen ich oft bei künstlicher Respiration anwende, um die Expirationsluft durch eine besondere Oeffnung entweichen zu lassen, damit sie mit der einzuathmenden Luft nicht vermengt werde.

Lässt man die Spannungsveränderungen in der Exspirationsröhre dieses Apparates mittelst des Marey'schen Tambours auf einen rotirenden Cylinder aufzeichnen, so erhält man über die Anzahl der Athmungen ganz genaue Angaben; dagegen kann man über die Tiefe der Athemzüge nur relative Werthe erhalten.

Dies war aber für den Zweck dieser Untersuchungen auch vollkommen ausreichend.

In den Versuchen, wo Blutdruckaufzeichnungen gleichzeitig aufgenommen wurden, wurden die Curven miteinander auf dem neuen Ludwig'schen Kymographion mit continuirlichen Papierstreifen gezeichnet.

Bei Thieren, denen die Vagi nicht durchschnitten sind, erzeugt die Reizung sensibler Nerven eine grosse Beschleunigung der Athemzüge, fast immer von einem Tieferwerden derselben begleitet. Bei Hunden ist diese Beschleunigung in der Regel bedeutender als bei Kaninchen.

Werden bei solchen unvergifteten Thieren die beiden Vagi durchschnitten, so ruft Reizung sensibler Nerven bei ihnen noch immer eine Beschleunigung der Athemzüge hervor.

Ich führe hier einige von den Tschirieff'schen Versuchen an, um die eintretenden Veränderungen anschaulich zu machen. Ich füge die gleichzeitigen Veränderungen des Blutdrucks hinzu und werde später diese Zahlen discutiren.

Versuch I (den 25. Februar 1872).

Hund, unvergiftet; Nn. vagi und phrenici intact. Reizung des N. ischiadicus. (In der Tabelle des Blutdrucks bedeuten die Zahlen die Zu- oder Abnahme um eine bestimmte Zahl Millimeter, bei der Athmung dagegen um wie viel Mal dieselbe häufiger und tiefer resp. seltener und flacher geworden ist.)

Bemerkungen.	Zunahme des Blutdrucks in Mm.	Aenderung der Athmungszahl	Aenderung der Athmungstiefe
Reizung des Nervus ischiadicus.	+ 43	+ 2,2	+ 16
	+ 48	+ 2,0	+ 16
	+ 39	+ 1,75	+ 15
	+ 49	+ 3,3	—
	+ 44	+ 1,5	+ 12

*) Siehe Fig. 3, Taf. IX, meiner Methodik der physiologischen Experimente und Vivisectionen. Giessen 1876.

Dasselbe Versuchsthier. Nn. vagi und phrenici durchschnitten. Bei Reizung des N. ischiadicus: Zunahme des Blutdrucks um + 71 Mm. Zahl der Athmungen unverändert.

Versuch II (20. März 1872).

Kaninchen. Vagi und phrenici intact. Reizung des N. ischiadicus. Zunahme des Blutdrucks um + 47 bis + 65 Mm., der Athmungszahl um + 1,28 bis + 1,8, der Athmungstiefe von + 1,7 bis 2,5. Nn. vagi bei diesem Kaninchen durchschnitten. Blutdruckzunahme = + 48, Athmungszahl = + 1,24, Athmungstiefe = + 1,9.

Wurden dagegen die Thiere durch Chloral stark narcotisirt, so bedingt Reizung der sensiblen Nerven fast gar keine Zunahme der Athemfrequenz und sehr geringe positive Schwankungen der Athmungstiefe.

Versuch III (4. März 1872).

Hund, mit Chloral vergiftet; Nn. vagi und phrenici intact.

Bemerkungen.	Zunahme des Blutdrucks	Aenderung der Athmungszahl	Aenderung der Athmungstiefe
Reizung des Nervus ischiadicus.	— 22	— 1,2	+ 1,0
	— 31	— 1,0	+ 2,0
	— 38	+ 1,3	+ 3,0
	+ 13	+ 1,0	+ 2,25
	— 11	+ 1,3	+ 2,0
	— 18	+ 1,06	+ 1,0
	— 8	— 1,03	+ 1,5
	— 13	— 1,05	+ 2,0
	— 5	+ 1,2	+ 1,0
	— 13	+ 1,1	+ 1,5

Versuch IV (1. März 1872).

Hund, mit Chloral vergiftet; Nn. vagi und phrenici intact. Reizung des Nervus ischiadicus; Abnahme des Blutdrucks um — 7 Mm. Athmung unverändert.

Versuch V (10. December 1871).

Hund, mit Chloral vergiftet. Nn. vagi und phrenici intact.

Bemerkungen.	Zunahme der Blutdrucks	Aenderung der Athmungszahl	Aenderung der Athmungstiefe
Reizung des Nervus ischiadicus.	— 11	— 1,2	unverändert
	— 22		
	— 40		
	— 12		
	— 57		
	— 37		
	— 13		
	— 44		
Reizung des Nervus tibialis.	+ 18	+ 1,0	unverändert
	+ 2	— 1,4	
	— 11	— 1,16	
	— 6	— 1,2	
	— 14	— 1,2	
	— 8	— 1,14	
	— 3	+ 1,0	

Die letzten angeführten Versuche genügen vollständig, um die Unhaltbarkeit der Heidenhain'schen Erklärung darzuthun. Trotzdem die Athmung in den letzten drei Versuchen fast unverändert geblieben ist, hat der Blutdruck doch überall bei Reizung der sensiblen Nerven nicht unbeträchtlich abgenommen.

Aus diesen Versuchen sind aber noch mehrere andere Ergebnisse hervorzuheben.

Zuerst sehen wir in den Versuchen I und II, dass Reizung der sensibeln Nerven bei normalen Thieren bedeutende Veränderung sowohl in der Zahl wie in der Tiefe der Athemzüge hervorruft. Diese beiden Grössen nehmen oft so beträchlich zu, dass das Thier fast apnoëtisch wird.

Nun ist schon aus früheren Versuchen von Traube bekannt, dass beim apnoëtischen Thiere der Blutdruck um ein Geringes sinkt. (Beiläufig bemerkt war es diese Thatsache, welche Heidenhain auch irre geführt hat.) Ob dieses Sinken von einer O-Anhäufung im Blute, oder nur von reflectorischer Tonus-Herabsetzung der Gefässe bedingt sei, veranlasst durch die Consistenzänderungen des Lungengewebes selbt (Hering), diese Frage, zu welcher vorliegende Untersuchung mehrere Anhaltspunkte geliefert, wollen wir vorläufig ganz bei Seite lassen. Sie ist übrigens Gegenstand einer speciellen Untersuchung geworden und wird von mir in einer besonderen Abhandlung discutirt werden*).

Hier brauchen wir nur an der Thatsache festzuhalten, dass eine grössere Frequenzzunahme der Athmung von einer geringen Blutdrucksenkung begleitet ist.

Nun fragt es sich, warum wir dieses Sinken in den Versuchen I und II nicht bemerken. Die Antwort darauf liegt auf der Hand: die durch Reizung des N. ischiadicus gleichzeitig veranlasste Blutdruckerhöhung überwiegt bei Weitem dieses geringe Sinken. Diese Blutdruckerhöhung würde also etwas grösser ausfallen, wenn ihr der herabsetzende Einfluss der beschleunigten Athmung nicht entgegenwirken würde. Daher bekamen wir auch im Versuch I, wenn nach Durchschneidung der Nn. vagi und phrenici, Reizung des N. ischiadicus keine Veränderung in der Athemfrequenz mehr veranlasste, auch eine viel grössere Blutdruckzunahme (71 statt wie früher 39—48).

In einigen anderen analogen Versuchen (Durchschneidung der Nn. vagi und phrenici und Reizung des N. ischiadicus) erhielten wir ebensolche, wenn nicht noch stärkere Bluldruckerhöhungen. Natürlich wurde in allen Fällen von Durchschneidung der Nn. phrenici die künstliche Athmung unterhalten.

Aus den drei folgenden Versuchen ersehen wir auch, dass die Narcotisation mit Chloral wirklich die Reflexe von den sensiblen Nerven auf die Athmungscentra entweder aufhebt oder bedeutend verringert. Eine Thatsache, welche ganz mit den sonstigen Erfahrungen an Menschen und Thieren übereinstimmt.

Ich will zum Schluss noch auf eine andere Versuchsreihe aufmerksam machen, welche ebenso eclatant darthut, dass die Druckabnahme, welche man bei narcotisirten Thieren durch Reizung sensibler Nerven erhält, mit den Veränderungen der Athmung nicht im Zusammenhange steht.

*) S. unten.

Vergiftet man einen Hund mit Chloral und leitet bei ihm die künstliche Athmung ein, nachdem die Nn. vagi und phrenici vorher durchtrennt wurden, so ist man gegen jede selbständigen Veränderungen der Athmung fast vollständig geschützt. Reizung sensibler Nerven erzeugt auch bei solchen Thieren, bei denen von Athmungsänderungen doch kaum mehr die Rede sein kann, auch immer Verminderungen des Blutdrucks, also reflectorische Lähmung des Gefässnervencentrums.

Ich will bei dieser Gelegenheit darauf aufmerksam machen, dass bei der grossen Anzahl von Tschirieff gemachter Versuche wir ein paar Mal auf solche gestossen sind, wo die stärksten Dosen Chloral nicht im Stande waren, eine vollständige Narcose herbeizuführen. Natürlich gelingt es bei solchen Thieren auch nicht durch Reizung sensibler Nerver Druckverminderungen zu erhalten.

Bei Gelegenheit dieser Versuche hat sich auch zur Evidenz herausgestellt, dass die sogenannten Athmungsschwankungen des Blutdrucks zwar mit der Athmung in bestimmten Beziehungen stehen, aber durchaus nicht in so einfachen, wie man es sich früher gedacht hat. Die Schwankungen des negativen Drucks in der Brusthöhle sind, wenn überhaupt, doch nur sehr wenig dabei betheiligt.

Die schönen Untersuchungen von Traube haben übrigens schon längst das gleiche gezeigt; da ich von einem anderen Standpunkte aus diese Frage einer sorgfältigen Prüfung unterworfen habe, so werde ich hier nicht weiter darauf eingehen.

In einer Streitschrift gegen Riegel macht mir Heidenhain den Vorwurf, dass ich in der Abhandlung *) ihm in einer Bemerkung habe eine Lehre geben wollen, die ihm unverständlich geblieben ist. Meine betreffende Bemerkung lautet folgendermassen: Während des Druckes dieser Arbeit bekam ich die Heidenhain'sche Arbeit: „Ueber bisher unbeachtete Einwirkungen des Nervensystems auf die Körpertemperatur und den Kreislauf." Der Knotenpunkt dieser Arbeit liegt in der Voraussetzung: es sei aus den Arbeiten Ludwig's und seiner Schüler hervorgegangen, dass die durch Reizung des Rückenmarks hervorgerufene Verengerung der kleinen Arterien des Körpers eine Verlangsamung der Geschwindigkeit in den Capillaren und Venen nach sich ziehen müsse. Obgleich mit den Arbeiten Ludwig's und seiner Schüler über die Blutcirculation ziemlich vertraut, kann ich doch nicht finden, wo Heidenhain diese Meinung geschöpft hat. Die bedeutende Rolle der Splanchnici, welche aus diesen Arbeiten zu Tage getreten ist, zeigt im Gegentheil, dass die bei Reizung des Rückenmarks eintretende Verengerung der Eingeweidegefässe grosse Blutmengen in die peripherischen Gefässbahnen werfen musste. Der Nachweis dieses Antagonismus zwischen den Eingeweiden und peripherischen Gefässen, welche für die Blutvertheilung im Körper von so weitragender Bedeutung ist, ist eben eins der Hauptresultate der Arbeiten Ludwig's und seiner Schüler über Blutcirculation. Herrn Heidenhain ist dieser Antagonismus eben entgangen und daher

*) Ueber die Geschwindigkeit des Blutstroms in den Venen. S. oben.

seine vielen Bemühungen bei der Erklärung seiner sonst so interessanten Versuche über den Einfluss der Reizung sensibler Nerven auf die Innentemperatur des Körpers. Die aus seinen Versuchen folgende Thatsache, „dass bei Reizung der Empfindungsnerven, so wie des verlängerten Markes, nicht blos der Druck in den Arterien und Venen steigt, sondern auch die Stromesgeschwindigkeit in beiden Gefässsystemen zunimmt", brauchte aber nicht erst durch mühevolle Versuche festgestellt zu werden (l. c. p. 118.)

Es war mir bei Schreiben dieser Worte jede Absicht fern, einem so hochverdienten und geschätzten Collegen eine Lehre geben zu wollen. Da ich aber eben dabei war, Versuche mitzutheilen, bei welchen das von Heidenhain nach einer zahlreichen und mühevollen Untersuchung erzielte Resultat einfach aus den bekannten Erfahrungen über die Effekte der Rückenmarksreizung im Voraus abgeleitet wurde, hielt ich es für angezeigt, den Grund des Missverständnisses zu erklären, in Folge dessen Heidenhain dieses Resultat als ein den früheren Erfahrungen widersprechendes betrachtete.

Ich bedaure sehr, bei meiner Erklärung mich nicht verständlicher ausgedrückt zu haben, denn ich würde sonst Heidenhain seinen unerspriesslichen Streit mit Riegel erspart haben.

In diesem Streit handelte es sich darum, dass die beiden Beobachter in ihren Versuchen über die Veränderungen der Blutgeschwindigkeit und der Körpertemperatur bei Reizung des Rückenmarks und der sensiblen Nerven zu theilweise widersprechenden Resultaten gelangt sind.

Diese Widersprüche brauchen aber durchaus nicht entweder auf begangenen Versuchsfehlern oder auf mangelhaften Beobachtungen zu beruhen, sondern rühren einfach von der grossen Variabilität der Erscheinungen her, bedingt durch die grosse Anzahl der dabei betheiligten Factoren.

Bei den Versuchen über die Geschwindigkeit des Blutstroms in den Venen, welche ich zusammen mit Steinmann ausgeführt habe, sind wir auf ganz dieselben scheinbar sich widersprechenden Erscheinungen, wie Heidenhain und Riegel, gestossen.

Diese scheinbaren Widersprüche haben sich aber leicht auflösen lassen, besonders Dank der folgenden drei bekannten Sätzen:

1) Da die Gefässe der Eingeweide, und folglich auch die sie beherrschenden Nn. splanchnici, eine so dominirende Rolle bei der Vertheilung der Blutmengen in den Körpertheilen spielen, so hängt die Blutmenge, welche die peripherischen Organe umspült, in erster Linie von dem Zustande dieser Gefässe ab; daher beobachtet man bei Reizung des Rückenmarks oder der sensiblen Nerven trotz der allgemein eintretenden Verengerung der kleinen Arterien (also Vergrösserung der Widerstände) doch eine Beschleunigung des Blutstroms in den peripherischen Organen: die ungeheure Blutmenge, welche in Folge der Verengerung der Eingeweidegefässe aus diesen in die peripherische Blutbahn geworfen wird, überwiegt bei weitem den verlangsamenden Einfluss der in dieser letzteren erhöhten Widerstände. Natürlich ist zur selben Zeit die Geschwindigkeit in den Eingeweidegefässen bedeutend verringert. Die Temperatur aller dieser Theile wird sich demgemäss verändern; nur muss man natürlich die Differenzen in den Abkühlungsbedingungen mit in Betracht ziehen.

2) Da man auf Thiere stösst (besonders häufig unter Hunden), bei

welchen die Eingeweidegefässe ihrer Geräumigkeit nach nicht so bedeutend die anderen Gefässe übertreffen, bei welchen, mit anderen Worten, die Splanchnici in der Blutvertheilung nicht dieselbe dominirende Rolle spielen, wie gewöhnlich, so beobachtet man bei Reizungen des Rückenmarks in einigen Fällen auch überall Verlangsamung des Blutstroms.

3) Bei Reizungen sensibler Nerven treten zu den erwähnten Umständen noch die localen Gefässerweiterungen hinzu, welche ihrerseits die Stromesgeschwindigkeit in den betreffenden Bezirken verändern.

Mit Hülfe dieser drei Sätze würden Heidenhain und Riegel fast sämmtliche Widersprüche ihrer Untersuchungen versöhnen können. Dies würde ihnen noch leichter fallen, wenn sie, anstatt meine und Steinmann's Untersuchungen über den Einfluss der Reizung des Rückenmarks und der sensiblen Nerven auf den Blutstrom mit solcher Consequenz zu ignoriren, dieselben zu Rathe gezogen hätten: sie würden dann diese Widersprüche schon gelöst vorfinden.

Trouville, August 1873.

---

13. Ueber den Einfluss der Temperaturänderungen auf die centralen Enden der Herznerven.

(Pflüger's Archiv, 1873.)

Die Vorgänge, welche die physiologische Bedeutung der Ganglienzellen bedingen, gehören zu denjenigen, welche sich am schwierigsten einer experimentellen Prüfung unterziehen lassen. Diese Schwierigkeiten rühren nicht so sehr von der Zartheit dieser Vorgänge selbst her, als von der Unmöglichkeit, Ganglienzellen oder Ganglienzellengruppen isolirt zu untersuchen.

Das zugänglichste Object für solche Untersuchungen bieten daher diejenigen peripheren Organe, in welchen die Nervenausbreitungen von Ganglienzellen begleitet sind; den ersten Platz unter diesen Organen nimmt unstreitbar das Herz ein. Von jeher ist das Herz auch zum Zwecke, in die Vorgänge der peripheren Nervenzellen nähere Einsicht zu erhalten, der Gegenstand sorgfältiger Prüfung gewesen.

Natürlich dürfen die Ergebnisse solcher Untersuchungen nur mit äusserster Vorsicht auf centrale Nervenzellen übertragen werden. In jedem einzelnen Falle muss erst nachgewiesen werden, dass zwischen gewissen peripheren und centralen Ganglienzellen auch wirklich Analogien in den physiologischen Eigenschaften bestehen. — Die Existenz solcher Analogien lässt sich am leichtesten erforschen, wenn man untersucht, ob die zu einer gewissen Gruppe gehörenden centralen und peripheren Nervenzellen in derselben Weise von gewissen auf sie einwirkenden Agentien beeinflusst worden.

Von ähnlichen Voraussetzungen ausgehend, habe ich vor mehreren Jahren zu prüfen versucht, ob die peripheren, im Herzen gelegenen

Tafel VI.

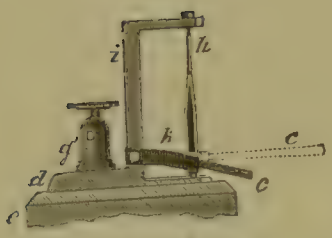


Fig. 3.

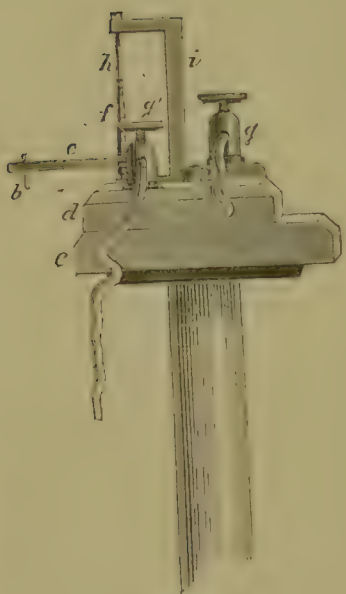


Fig. 4.

Zellen, welche die Enden des Vagus darstellen, von gewissen Gasen in derselben Weise angegriffen werden wie die centralen

Bekanntlich hat Traube schon längst constatirt, dass die Anhäufung von CO_2 im Blute einen starken Reiz für die centralen Vagusenden abgiebt; ich untersuchte daher, ob CO_2, wenn es direct auf die peripheren Vagusenden wirkt, denselben Effect erzeugt. Die Resultate meiner Versuche haben auch die vollständigste Uebereinstimmung in den Wirkungen der CO_2 sowohl auf die centralen als auf die peripheren Vagusenden ergeben (siehe oben).

Aus anderweitigen Beobachtungen hat es sich ergeben, dass die peripheren Vagusenden auch gegen Druckerhöhungen in derselben Weise reagiren wie die centralen Enden.

Um so auffallender erschien mir die von Fick in diesem Archiv (1872) mitgetheilte Beobachtung, dass die centralen Enden der Herznerven von Temperaturveränderungen nicht beeinflusst werden. Diese Beobachtung schien also gegen die physiologische Identität der centralen und der peripheren Nervenzellen zu sprechen, und zwar mit um so mehr Gewicht, als die im Herzen befindlichen Zellen bekanntlich in der ausgesprochensten Weise schon auf sehr feine Temperaturänderungen reagiren.

Die Versuchsmethode, welche Prof. Fick zu diesem Resultat geführt hat, schien mir die Möglichkeit nicht auszuschliessen, dass bei einer directen Einwirkung der Temperaturänderungen das Ergebniss sich wird anders gestalten können.

Ich bin daher zu einer erneuerten Vornahme einer solchen Untersuchung geschritten, deren Resultat hier mitgetheilt werden soll.

Da ich nur solche Versuche für ganz entscheidend hielt, bei welchen das erwärmte Blut direkt die Centren der Herznerven treffen kann, so habe ich ein Verfahren eingeschlagen, welches ich schon vor mehreren Jahren zu anderen Zwecken angewandt habe.

Dies Verfahren bestand in dem Durchleiten eines Stromes von defibrinirtem Blute durch die Hirngefässe, und zwar unter möglichst normalem Drucke. — Dem Thiere wurden mittelst vorher angelegter Ligaturen sämmtliche zum Hirn führenden Gefässe (Art. carotides et vertebrales) unterbunden; in die peripherischen Enden der Art. carotides wurden Röhren eingebunden, welche mit den Blutbehältern (A u. B Fig. I Taf. VI) in Verbindung gebracht wurden, und zwar mittelst der gabeligen Röhre H.

Auch die aus dem Gehirn kommenden Venen wurden unterbunden und in die peripherischen Enden der V. jugulares Röhren eingebunden, welche in Gefässe mündeten, die zum Auffangen des ausströmenden Blutes bestimmt waren.

Auf diese Weise wurde also das Gehirn ganz aus der allgemeinen Circulation ausgeschlossen; und es konnte in demselben ein Blutstrom eingeleitet werden unter beliebigem Druck und von beliebiger Zusammensetzung und Temperatur. Bei den Versuchen, von denen hier die Rede ist, wurden zwei Blutbehälter gewählt, in welchen verschiedene Temperaturen mittelst besonderer Vorrichtungen unterhalten wurden. Der Zweck

dieser Vorrichtungen bestand darin, in den äusseren Gefässen, in welchen die Behälter eingeschlossen waren, einen Wasserstrom von gleichmässiger Temperatur zu unterhalten. Zwei in die Behälter E und F hineingeschobene Thermometer zeigten direct die Temperatur des Blutes an. Beide Behälter standen andererseits mittelst Cautschoukröhren in Verbindung mit dem Druckgefässe C, welches mit Quecksilber gefüllt war, und das auf verschiedene Höhen hinaufgewunden werden konnte. Das mit der Ausflussmündung der Blutbehälter in Verbindung stehende Manometer D erlaubte den Druck zu bestimmen, unter welchem das Blut aus denselben floss. Durch Umstellung eines Hahns konnte durch die Röhre H abwechselnd Blut aus dem einen oder dem anderen Behälter durch die Carotides gestossen werden.

Wenn ich noch hinzufüge, dass bei den hier mitzutheilenden Versuchen meistens Hunde gebraucht wurden, die mit Curare vergiftet waren, und bei denen die künstliche Respiration unterhalten war und dass der Blutdruck und die Zahl der Herzschläge mittest eines in die Art. cruralis eingebundenen Manometers auf einem Ludwig'schen Kymographion mit unendlichen Papierstreifen aufgezeichnet wurde, so ist damit kurz das ganze Versuchsverfahren beschrieben.

Ich will nun noch hinzufügen, dass, ehe wir zu den Versuchen selbst geschritten sind, eine Reihe von sorgfältigen Temperaturmessungen ausgeführt worden sind, einerseits um die Temperaturveränderungen des bei H aus den erwärmten Behältern E und F ausströmenden Blutes, andererseits um das Sinken der Temperatur des Gehirns nach Unterbindung sämmtlicher zuführender Blutgefässe zu bestimmen. Diese Bestimmungen zeigten, dass, wenn das Blut frei, unter einem Druck von etwa 120 bis 150 Mm., ausfliesst in ein Gefäss, dass die gewöhnliche Zimmertemperatur hat (etwa 17°—18° C.), so verliert es beim Durchgang von dem Blutbehälter bis zu H einen, höchstens zwei Wärmegrade. Die Temperatur des vom Blutzufluss befreiten Gehirns sinkt nicht unter 37° C. während einer Dauer, die unsere Versuchsdauer um ein Bedeutendes übertraf. Diese vergleichenden Bestimmungen erlaubten uns also mit annähernder Genauigkeit die Temperatur des durch das Gehirn getriebenen Blutes zu ermitteln. Die Natur der angestellten Versuche dedurfte auch keiner absoluten Bestimmung dieser Temperatur.

Wie meine früheren Untersuchungeu über den Einfluss der Temperaturänderungen auf das Herz (siehe oben) gezeigt haben, ist dieser Einfluss sehr verschiedenartig, je nach der Art der Temperaturänderungen. Aufsteigende Temperaturänderungen wirken auf eine Zellengruppe, absteigende auf eine andere. Allmälige Temperaturänderungen wirken wieder in ganz anderem Sinne als plötzliche, und endlich haben in gewissen Grenzen Temperaturänderungen einen ganz characteristischen Einfluss.

Diese Verschiedenartigkeit der Effecte macht ähnliche Studien doppelt schwierig, erstens weil sie die Nothwendigkeit auferlegt, so strenge die Temperaturänderungen zu bestimmen als nur irgend möglich, und zweitens weil es die Erklärung der beobachteten Erscheinungen bedeutend verwickelt.

Wenn diese Schwierigkeiten schon bei den früheren Versuchen über

das ausgeschnittene Herz nicht immer zu überwinden waren, so gestalteten sie sich bei den hier in Rede stehenden Versuchen noch bei weitem ungünstiger.

Da es sich aber für mich zuerst um die Beantwortung der Frage handelte, ob Temperaturänderungen überhaupt auf die centralen Enden der Herznerven von Einfluss sind, resp. ob dieser Einfluss mit dem auf die peripherischen Enden dieser Nerven identisch sei, so entschloss ich mich zuerst nur die Wirkungen solcher Temperaturänderungen einer Prüfung zu unterwerfen, welche weder ganz genaue Temperaturbestimmungen erheischten, noch der Deutung besondere Schwierigkeiten boten.

Dazu gehören in erster Linie die Wirkungen der plötzlichen Temperatursteigerungen von der gewöhnlichen Zimmertemperatur (etwa 20° C.) auf die Temperatur von 40° aufwärts.

Ich will diese Wirkungen, wie sie in meiner citirten Abhandlung (siehe oben) beschrieben sind, wörtlich hier wiedergeben.

„Wieder anders ist die Erscheinung, welche sich darbietet, wenn das Herz von der Normaltemperatur aus plötzlich mit Serum und Luft von 40° umspült wird. Statt dass die Schläge, wie es bei allmäliger Erwärmung der Fall, sogleich häufiger und kürzer ausfallen, werden sie nun gross und selten. Die Form der Curven, welche das Manometer anschreibt, gleicht ganz derjenigen, die man durch Reizung des Vagus bei der Normaltemperatur erhält. Die einzelnen Schläge laufen nämlich viel rascher ab, als diejenigen, welche das abgekühlte Herz ausführt, und sie sind durch grosse Pausen von einander getrennt. Diese Art zu schlagen erhält sich 1 bis 2 Minuten hin. Ist diese Zeit verflossen und bleibt alsdann das Herz noch in der hohen Temperatur, so durchläuft es wiederum die Bewegungsarten, welche uns von der allmäligen Erwärmung her bekannt sind. In den 8 Holzschnitten habe ich die Erscheinung wiedergegeben. 4. Von der bisher gegebenen Beschreibung weicht das Verhalten eines Herzens ab, dessen Höhle mit einem Serum erfüllt war, welches auf einen Cubikcentimeter $1^1/_2$ bis 2 Mgr. Curare enthält. Ein auf diese Weise vergiftetes Herz verhält sich bei allmäliger Erwärmung gerade wie das unvergiftete; bei plötzlicher Erwärmung auf von 20° auf 40° aber benimmt es sich insofern anders als ein unvergiftetes, als es die grossen und seltenen Schläge desselben unterlässt. Gleich vom ersten Beginn der Erwärmung an werden die Schläge allmälig kleiner und häufiger, wie dies beim unvergifteten Herzen erst nach dem Ablauf der grossen Schläge geschah.“

Da weitere Versuche damals ergeben haben, dass die eben erwähnten Dosen Curare, wenn sie mit Serum gemengt, direkt auf das Herz wirken, die Enden des Vagus im Herzen vollständig zu lähmen vermögen, so lieferten die sub 4) angeführten Versuche noch einen unzweideutigen Beweis dafür, dass plötzliche Temperaturänderungen von der normalen (für das Froschherz die Zimmertemperatur) bis auf 40° heftige Reizungen der peripherischen Vagusenden veranlassen.

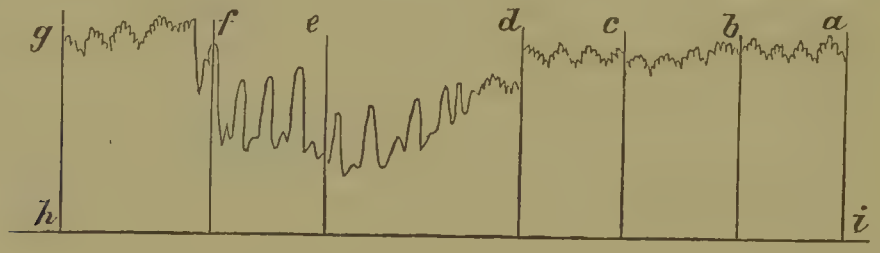
Ich habe nun zuerst constatiren wollen, ob ähnliche Temperaturänderungen auf die Centra der Herznerven einwirkend, einen ähnlichen Effect hervorbringen werden. — Zu dem Zwecke wurde dem Thiere durch die

beiden Carotides zuerst einige Zeit defibrinirtes Hundeblut von + 36°—37°, sodann wurde durch plötzliche Umstellung des Hahnes solches von + 47°—49° durchgelassen. Der Druck wurde auf einer Höhe unterhalten, die gerade genügte, um einen ergiebigen Blutstrom zu unterhalten; dazu genügte schon gewöhnlich ein Druck von 80—100 Mm., wahrscheinlich weil die frei werdenden Venae jugulares viel geringere Widerstände dem Abfluss des Blutes darboten als gewöhnlich.

Ich will hier als Beispiel nur einen Versuch mittheilen, der genügen wird, um zu beweisen, dass plötzlich aufsteigende Temperaturänderungen etwa um 10° in der heftigsten Weise erregend auf die centralen Vagusenden einwirken, also ganz übereinstimmend mit den Wirkungen auf die peripheren Nerven enden.

Vor Unterbindung der zum Gehirn führenden Gefässe war die Zahl der Herzschläge = 23 in 10 Secunden; gleich nach der Unterbindung der beiden Art. vertebrales und Carotides = 18.5, 21.5, 22.5, 23 in 10 Sec. Durchleitung eines Blutstroms von + 36° bei einem Druck von 88 Mm. Zahl der Herzschläge in 10 Sec. = 23, 24. Durchleitung eines Blutstroms von + 48° bei demselben Drucke, Zahl der Herzschläge = 5 in 10 Sec. Durchschneidung des einen Vagus — 5 bis 6 Herzschläge in 10 Sec. Durchschneidung des zweiten Vagus — 27, 26, 26, 25, 24 .... Herzschläge in derselben Zeiteinheit.

Durchleiten eines Blutstroms von + 36° — 24, 23, 24 .... Herzschläge in 10 Sec. Nochmaliges Durchleiten eines Blutstroms von + 48° — 24, 23, 23 .... in derselben Zeiteinheit.



a—b, vor der Unterbindung der Hirngefässe; *b—c*, nach Unterbindung derselben; *c—d*, Durchströmen der Hirngefässe von einem Blute von 36° C.; *d—e*, Blut von 48° C.; *e*, Durchschneidung des einen N. vagus; *f*, Durchschneidung des zweiten Vagus; *f—g*, gleich nach Durchschneidung dieser Nerven; *h—i*, Nulllinie.

Dieser und mehrere andere ähnliche Versuche ergeben also das unzweideutige Resultat, dass auch die centralen Vagusenden in analoger Weise von plötzlichen Temperaturänderungen beeinflusst werden, wie die peripheren. Jeder Verdacht, als sei die beobachtete Wirkung Folge von erwärmtem Blute, das vielleicht durch die Rückenmarksgefässe ins Herz gelangt ist, wird von vorne herein durch den plötzlichen Erfolg der Vagusdurchschneidung beseitigt.

Ich füge hierbei die erhaltenen Curven für die Hauptstadien des oben angeführten Versuches an. Wie man aus denselben ersehen kann, erleidet der Blutdruck, bei den vorgenommenen Temperaturänderungen, nur sehr geringe Schwankungen, wenn nicht die bedeutende Verlangsamung ihrerseits ein Sinken des Blutdrucks verursacht.

Sehr bemerkenswerth sind die grossen Blutdruckschwankungen, welche während der Vaguserregung auftreten. In einigen Fällen war die Druckdifferenz zwischen dem Maximum der Systole und dem Minimum der Diastole gleich 120 bis 140 Mm. Während also die Zeit der Herzschläge auf ein Minimum reducirt wird, steigen die Excursionen derselben bedeutend in die Höhe, ein Verhältniss, das bekanntlich characteristisch für eine durch Vagusreizung veranlasste Pulsverlangsamung ist.

Ich begnüge mich in dieser Mittheilung mit der Constatirung der Thatsache, dass die centralen Vagusenden auch gegen Temperaturänderungen in derselben Weise wie die peripherischen reagiren.

Auf die anderen Ergebnisse dieser Versuche, welche noch fortgesetzt werden, will ich später zurückkommen.

Trouville, August 1873.

---

14. Zur Physiologie des Gefässnervencentrums.

(Pflüger's Archiv, 1874.)

Diese Mittheilung war zur Absendung an das Archiv bereit, als ich die Abhandlung von Herrn Heidenhain „Die Einwirkung sensibler Reize u. s. w." (Juniheft dieses Archivs) erhalten habe; ich bin leider gezwungen auf dieselbe zuerst mit einigen Worten einzugehen.

Polemische Discussionen über leicht zu controllirende Thatsachen sind an sich selbst sehr unerspriesslich. Ich werde also so kurz als möglich sein.

Die erste Klage des Herrn Heidenhain besteht darin, dass ich ihm irrthümlich den Gebrauch des Marey'schen Phrenographen zugeschrieben habe.

Ich erkenne mein kleines Versehen sehr gerne an; es entstand theilweise daher, dass ich meine Abhandlung in einem Seebade geschrieben habe, wo mir das betreffende Heft des Archivs nicht zur Verfügung stand, theilweise aber auch aus der ungenauen Schreibweise des Hrn. Heidenhain. Er spricht bei der Beschreibung der Art, wie er die Athmung verzeichnen liess, „von dem Marey'schen Instrumente"; da Marey Dutzende von Instrumenten construirt hat und es sich hier um Verzeichnung der Athmung handelte, so lag die Vermuthung nahe, dass von dem Phrenographen die Rede sei.

Das Versehen ist jedenfalls zu unwesentlich, als dass es den aufgeregten Zustand des Hrn. Heidenhain erklären, geschweige ihn entschuldigen könnte. Er klagt ferner, dass ich ihm nicht beistimmen will, wenn er einen Widerspruch zwischen meiner Untersuchung und denen Owsjannikow's und Dittmar's herausfindet. Wir lesen bei ihm (p. 251) „In seiner zweiten Abhandlung (p. 329) leugnet Cyon diesen Widerspruch mit einer mir unverständlichen Phrase". Diese ihm unverständliche Phrase besteht in zwei Druckseiten dieses Archivs, wo

ich nichts leugne, sondern Hrn. Heidenhain erkläre, dass mir die Arbeiten von Owsjannnikow und Dittmar bekannt waren; ich beweise ihm ferner durch einen auf diese Abhandlungen bezüglichen Passus aus meiner ersten Mittheilung, dass sie erst die von mir gegebene Deutung meiner Versuche ermöglichten, und setze sehr ausführlich auseinander, warum kein Widerspruch zwischen ihnen und mir besteht. — Ich lese das dort geschriebene nochmals und finde es so erschöpfend, dass ich jetzt noch Nichts hinzuzufügen finde.

Wenn diese einfache und klare Auseinandersetzung Hrn. Heidenhain unverständlich ist, so mag er sich sie durch Jemand erklären lassen; wenn er aber nur eine Phrase in zwei Seiten langen Auseinandersetzungen findet, so frage ich ihn, auf wen sallen seine Phrasen bezogen werden wie: „Hätte er, was er selbst und was die sogenannten Forscher drucken liessen, vor Augen und im Kopfe gehabt, so würde ihm nicht haben entgehen können etc.“ und „Darf man wohl auf genaue Beobachtungen rechnen, wo es selbst an genauem Lesen fehlt?“

Statt hinter Dittmar und Owsjannikoff seinen Schutz zu suchen und den Leser glauben machen zu wollen, seine Versuche seien mit denen dieser Forscher identisch, würde Hr. Heidenhain besser thun, meinen einfachen Versuch zu wiederholen. Es wird ihm dann auch klar werden, dass man bei Abtragungen des Grosshirns keine mathematisch genau bestimmbare Grenzen einhalten kann; es genüge also ein paar Mm. tiefer den Schnitt geführt zu haben um das Gefässnervencentrum mit abzutragen und so keine Veränderung im Blutdrucke bei Reizung der sensiblen Nerven mehr zu erhalten, wie ich es in dem von ihm citirtem Satze behaupte. Er wird dann auch hoffentlich verstehen, warum ich die Angaben der genannten Forscher gar nicht als falsch zu erklären brauche. Ich würde in dieser Hinsicht auch dann dem Beispiele Hrn. Heidenhain's nicht folgen, wenn zwischen unseren Untersuchungen wirklich ein Widerspruch bestanden hätte. Die Physiologie besitzt noch zu viel unaufgeklärte Widersprüche, als das man zum Wegleugnen von unbequemen Thatsachen berechtigt wäre.

Was nun den zweiten Theil meiner Untersuchungen, den mit Chloralnarkose betrifft, so hat Hr. Heidenhain auch in seiner jetzigen Abhandlung einen neuen Beitrag für die Richtigkeit meiner Behauptung geliefert. Ich habe bekanntlich angegeben, dass, wenn Thiere durch Chloral vergiftet sind, ihr Gefässnervencentrum gegen sensible Reize anders reagirt, als bei unvergifteten; indem bei ihnen diese Reizung statt Tonuserhöhung eine Tonusverminderung hervorruft. Diese einfache Thatsache hat Hr. Heidenhain zu „einer Theorie von weittragender Bedeutung“ proclamirt, gegen die er nun ankämpft. Ich habe es unterlassen, in der ersten Erwiderung gegen seine Aufsatz „Ueber Cyon's neue Theorie . . . .“ ihn darauf aufmerksam zu machen, dass er, trotz genauen Lesens, diese meine Angabe mit der Hypothese über die Natur der Hemmungen verwechselt hat, welche in demselben Aufsatz (Hemmungen und Erregungen etc. Mélanges Biologiques 1870) mitgetheilt wurde.

Er verharrt noch jetzt bei dieser Verwechslung, denn wenn er zugiebt, dass es sich um eine thatsächliche Angabe und um keine Theorie

handelt, so verliert er das Streitobject, da er die Richtigkeit meiner Angabe selbst bestätigt!

Auch er hat ein Sinken des Blutdruckes bei Reizung sensibler Nerven wahrgenommen, wenn die Thiere vorher mit Chloral vergiftet wurden; nur wollte er meine Erklärung, es handelte sich hier um eine Aenderung in der Thätigkeit des Gefässnervencentrums, nicht gelten lassen, sondern behauptete, dieses Sinken hänge nur von den bei dieser Reizung eintretenden Veränderungen der Athmung ab.

Ehe ich an eine thatsächliche Widerlegung der Heidenhain'schen Erklärung geschritten bin, zeigte ich ihre Unwahrscheinlichkeit durch eine einfache Ueberlegung. Wenn die Veränderung der Athmung bei Reizung sensibler Nerven chloralisirter Thiere eine Druckverminderung hervorriefe, so fragt es sich, warum thut es nicht dasselbe bei unnarcotisirten? Offenbar giebt es nur zwei mögliche Antworten auf die Frage: entweder ändern sich bei chloralisirten Thieren die reflectorischen Athembewegungen, oder aber das Gefässnervencentrum reagirt bei solchen Thieren verschieden. Ich behaupte das Letztere; wenn also Hr. Heidenhain dieser Behauptung widerspricht, so bleibt ihm nur die erste Annahme übrig. Diese Annahme beruht aber auf der Möglichkeit, dass durch die Chloralisirung der Thiere die Natur der Reflexe sich vollständig ändern kann. Hr. Heidenhain kämpft aber in seiner Widerlegung eben gegen eine solche Möglichkeit!

Jetzt sagt er (p. 254), mein Versuch ihn durch eine Deduction ad absurdum zu widerlegen, sei ihm „halb unverständlich" (!) geblieben. — Man sollte es doch kaum glauben, wenn man auf p. 255 bei ihm eine sehr klare Auseinandersetzung dieser Deduction liest und dann findet, dass Herr Heidenhain, um ihr zu entgehen, zu meiner Erklärung greift, nämlich, dass das Gefässnervencentrum durch das Chloral in seiner Thätigkeitsäusserung geändert wird. Ja noch mehr, er führt auf der folgenden Seite noch Versuche an, die darthun, dass bei Thieren, welche starke Blutentziehungen erlitten, auch eine derartige Veränderung in der Reflexthätigkeit des Gefässnervencentrums eintrete, dass Reizung der sensiblen Nerven bei ihnen Drucksenkungen „von nicht weniger als 40 Mm." (p. 257) veranlassen.

Nun sollte man glauben, dass, nachdem Hr. Heidenhain sich von der Richtigkeit meiner Deutung überzeugt hat, er seine früheren irrthümlichen Einwände zurücknehmen und seine Uebereinstimmung offen eingestehen wird.

Aber nein, statt dessen begnügt er sich mit der Aeusserung, diese Drucksenkung habe nicht im „Mindesten die principielle Bedeutung, welche Cyon in seinen Beobachtungen suchte." „Ihre Ursachen sind wahrscheinlich verwickelter Art" (p. 288), oder „Die Druckverminderung hängt zum Theile von derselben Ursache, zum anderen Theile von der Erschöpfbarkeit (sic!) des Gefässnervencentrums ab. Der letztere Umstand war mir früherhin entgangen; dass ich jetzt auf denselben aufmerksam geworden, verdanke ich der durch Cyon's Einwendung nothwendig gewordenen Wiederaufnahme der Versuche". „Bei chloralisirten Thieren werden nun ganz ähnliche Bedingungen durch die Einwirkungen

des Narcoticums hergestellt, wie bei künstlich in den Zustand hochgradiger Anämie versetzter Thiere".

„Die Spannung der Arterien sinkt, weil die tonische Thätigkeit abnimmt" u. s. w. So viel Aufregung und Streit, um endlich zu meinem Resultate zu gelangen!

Hr. Heidenhain sagt am Schluss: „Ich wenigstens bin über die Streitpunkte vollkommen im Klaren und gedenke nicht, auf etwaige Einwendungen meines Gegners einzugehen" (p. 268). In Anbetracht des von ihm angeschlagenen Tones kann ich seinen Vorsatz nur loben; ich bedauere dies aber andrerseits, da er durch die „durch Cyon's Einwendungen nothwendig gewordene Wiederaufnahme der Versuche" noch auf viele andere Dinge würde aufmerksam gemacht worden sein, die ihm „früherhin entgangen" sind, und die ebenfals zur Bestätigung und Erweiterung meiner Angaben beitragen könnten. So zweifle ich nicht, dass er sich mit der Zeit noch überzeugt hätte, dass bei einem chloralisirten Thiere auch die reflectorische Thätigkeit des Athmungscentrums sich bedeutend ändere: wie ich es angebe, und wie es auch ihm gelungen ist in einem Falle zu beobachten.

Die Veränderung in der Reflexthätigkeit des Gefässnervencentrums, welche ich beschrieben habe, beruht nach Hrn. Heidenhain*) in einer Erschöpfbarkeit dieses Centrums. Er ist in dem Wunsche, sogleich eine Erklärung zu geben, etwas voreilig gewesen; eine einfache Ueberlegung sollte ja schon zeigen, dass eine einfache Erschöpfung des Organs nur seine Leistungsfähigkeit herabsetzen, nicht aber seine Funktion umkehren könne.

Die Drucksteigerung müsste also bei Reizung sensibler Nerven, bei chloralisirten Thieren, verringert, nicht aber in eine Drucksenkung umgewandelt werden.

In der That hat diese Veränderung der Reflexthätigkeit eine viel weittragendere Bedeutung, als es Hr. Heidenhain vermuthet. Die folgenden Mittheilungen werden, wenn auch das Wesen dieser Aenderungen nicht ganz aufklären, so doch wenigstens deren Wichtigkeit darthun.

Der Ausgangspunkt dieser Untersuchung war eine Ueberlegung, die

---

*) Ich kann Hrn. Heidenhain auch nicht die freudige Ueberzeugung lassen, als hätte ich die schönen (von ihm missverstandenen) Versuche Traube's über den Einfluss der Athmung auf den Blutdruck erst aus seiner Notiz kennen gelernt, wie er es mit grossem Wohlgefallen mehrmals ausspricht. Prof. Traube war so freundlich, mir einen grossen Theil seiner darauf bezüglichen Originalcurven persönlich vorzulegen schon im Herbste 1868!

Was den Hinweis auf Slawjanky's Untersuchung betrifft, so fängt ja auch sie mit folgenden Worten an: Mit Sicherheit lässt sich voraussagen, nach welcher Richtung hin sich die Geschwindigkeit in einem Aste der Aorta änderte, wenn nur seine Nerven ihren bisherigen Erregungsgrad mit einem anderen vertauschten". . . .

In einer jüngst erschienenen Abhandlung „Ueber die Centren der Gefässnerven" sucht Eckhardt den Widerspruch, der über die Lage der Gefässnervencentra zwischen mir und Heidenhain, Owsianikoff und Ludwig bestehen soll, aufzuklären. — Nun habe ich nie mich mit der Aufsuchung der Lage des Gefässnervencentrums beschäftigt, und auch nirgends auf die Existenz eines Gefässnervencentrums oberhalb der Medulla geschlossen. — Ich habe in der betreffenden Abhandlung mich gradezu auf die Owsianikoff'sche Annahme für meine physiologischen Deductionen gestützt So viel mir bekannt, hat auch Ludwig sich direct nie über diese Lage ausgesprochen!

vor mehreren Jahren bei Gelegenheit des zweiten Theils der Arbeit „Ueber Hemmungen und Erregungen" etc. von mir gemacht wurde. Bei Besprechung der Interferenzhypothese sage ich dort p. 782: „So erklären sich die meisten Differenzen, welche in den reflectorischen Erregungen und Lähmungen der Herz- und Gefässnervencentren auf Reizung der sensiblen Nerven beobachtet werden. Das eine Mal trifft die Erregung eine in Ruhe befindliche Zelle, das andere Mal eine in Erregung versetzte: daher wird es das erste Mal die Nervenzelle erregen, das andere Mal die schon verhandene Erregung hemmen."

Ich habe damals auf die einzige Thatsache hingewiesen, welche als directer Beweis der Richtigkeit meiner Hypothese gelten könnte, nämlich auf die von mir bestätigte Beobachtung Schelske's, dass beim Stillstand des Herzens durch Erhöhung der Temperatur Reizung der Vagi die Herzcontractionen von neuem anzuregen im Stande ist*).

Da wir im Stande sind, durch verschiedene Mittel die tonische Erregung des Gefässnervencentrums bedeutend herabzusetzen, so lag der Gedanke nahe, dass es gelingen muss, bei vollem Wegbringen der Erregung den Character der Reflexe von den selben Nerven auf dieses Centrum in irgend einer Weise zu ändern, — wenn überhaupt die Interferenzhypothese richtig ist. Dieser Gedanke war der Ausgangspunkt der Untersuchung, welche ich mit Dr. Polkow ausgeführt habe und deren Resultate ausführlich in seiner im Mai v. J. in russischer Sprache erschienenen Dissertation niedergelegt sind.

Wie es bei physiologischen Untersuchungen nicht selten der Fall ist, wurden wir im Laufe unserer Versuche durch einige beiläufig gemachte Beobachtungen auf andere Thatsachen aufmerksam gemacht, welche erst in's Klare gebracht werden mussten, ehe an die Verfolgung des Hauptzweckes der Versuche gegangen werden konnte. Die Aufklärung dieser Thatsachen wird auch den Hauptgegenstand dieser Mittheilung ausmachen.

---

*) Ich muss trotz der Einwendungen Rosenthal's und Eckhard's die Richtigkeit dieser Beobachtung noch immer aufrecht erhalten. Wenn es Eckhard u. B. Meyer nicht gelungen ist, diese Thatsache zu beobachten, so kann dies für mich um so weniger Grund sein, das von mir zu wiederholten Malen Beobachtete für eine Sinnestäuschung zu halten, als mir die näheren Umstände, unter denen diese Beobachter ihre Versuche anstellten, nicht weiter bekannt sind. Den Verdacht der ewigen Stromesschleifen kann ich auch nicht gelten lassen, da mir auch die Vorsichtsmassregeln nicht unbekannt sind, welche vor Täuschung schützen können; ich habe in der hier citirten Abhandlung schon darauf aufmerksam gemacht, dass die Reihe regelmässiger Pulsationen (in einigen Fällen Tetanus), welche eine solche Reizung auslöst, schon den Verdacht directer Herzreizung ausschliesst, da eine solche am erwärmten Herzen ganz andere Erscheinungen hervorruft. Es ist aber seit der Bekanntmachung meiner Beobachtung eine Thatsache gefunden worden, welche von ganz anderer Tragweite gegen die Deutung dieser Erscheinung durch Interferenzen ist — ich meine die von Schmiedeberg gemachte Erfahrung, dass im atropinisirten Herzen, also bei Lähmung der hemmenden Apparate des Herzens, Reizung des Vagus eine Beschleunigung der Herzschläge veranlasse. Wäre die von Schmiedeberg gegebene am nächsten liegende Deutung dieser Thatsache, dass der Vagus beim Frosche beschleunigende Nervenfasern führt, ganz über alle Zweifel erhaben, so würde auch die von Schelske und mir beobachtete Thatsache einen ganz anderen Character annehmen.

Es ist aber noch zu untersuchen, ob die Schmiedeberg'sche Beobachtung sich nicht eher durch unsere Deutung erklären lässt, als die unsrige durch das Vorhandensein eines N. accelerans im Vagusstamme.

Die Versuche, welche die Entscheidung der Hauptfragen zum Gegenstand haben, werden noch fortgesetzt und behalte ich das Weitere über dieselben der folgenden Mittheilung vor. In der früheren Arbeit „Ueber Hemmungen und Erregungen" bin ich schon auf eine Thatsache gestossen, welche eigentlich schon im Sinne der Interferenzhypothese verwendet werden könnte, nämlich, dass der Character der Reflexe sensibler Nerven auf die motorischen der Gefässe sich in das Gegentheil umsetzen, wenn die Thiere mit Chloral vergiftet sind. Nun besitzt aber Chloral die Eigenschaft in hohem Grade, die tonische Erregung des Gefässnervencentrums herabzusetzen; in der von mir gemachten Beobachtung schien also eine Bestätigung des Gedankens zu liegen, welcher dieser Untersuchung zu Grunde gelegt wurde. Ich wurde aber damals von der Verwerthung dieser Beobachtung für die Interferenzhypothese abgehalten, weil es mir unthunlich schien, zwei scheinbar so parallele und identische Erscheinungen wie die Wirkung der Hemisphärenabtragung und der Chloralnarcose auf zwei verschiedene Ursachen zurückführen zu wollen.

Ich habe daher das Verlorensein des Bewusstseins auch für die Deutung der Drucksenkung in den Vordergrund geschoben, welche bei Reizung sensibler Nerven chloralisirter Thiere beobachtet wird.

Zum Aufheben der tonischen Erregung des Gefässnervencentrums wollte ich die Sättigung des Blutes mit O herbeiführen, da wir seit Traube's Untersuchung wussten, dass CO_2 den Hauptreiz dieses Centrums abgiebt und dass während der Apnoe der Blutdruck bedeutend zu sinken pflegt.

Die Aufgabe der vorliegenden Untersuchung bestand also darin, die Thiere in stark apnoetischen Zustand zu versetzen und während desselben die Reizung sensibler Nerven vorzunehmen, um deren Effect auf den Blutdruck zu studiren. Schon bei den ersten Versuchen stellte es sich aber heraus, dass es gar nicht so leicht ist, mit den gewöhnlichen uns damals zur Disposition gestandenen Mitteln eine irgendwie erhöhte Spannung des Sauerstoffs im Blute zu erzeugen. Namentlich hat sich das blosse Einathmen des reinen Sauerstoffs für diesen Zweck als ganz unzureichend herausgestellt, auch wenn bei der Athmung durch Ventilvorrichtungen*) auf das Sorgfältigste für eine Trennung der ein- von der ausgeathmeten Luft gesorgt wurde.

Der Blutdruck wird bei solchen selbständigen Sauerstoffeinathmungen von Seiten des Thieres gewöhnlich fast gar nicht verringert, und damit ist also auch nicht die Möglichkeit gegeben, den von uns beabsichtigten Versuch auszuführen. Trotzdem treten in der Blutdruckcurve bei solcher Athmung Veränderungen ein, welche von hohem Interesse sind. Die Natur dieser Aenderungen musste erst in's Reine gebracht werden, ehe an eine Verfolgung des eigentlichen Zweckes der Untersuchung gegangen werden konnte.

Nehmen wir zuerst den Fall, wo das unvergiftete Thier willkürlich abwechselnd Luft und reinen Sauerstoff einathmet. Die Curve A Taf. VII ist die gewöhnliche Blutdruckcurve, welche von einem unvergifteten

*) Ueber eine besondere Ventilationsvorrichtung, welche ich bei solchen Versuchen häufig verwende, siehe meine „Physiologische Methodik und Vivisectionskunst" Taf. IX Fig. 3.

aber tracheotomirten Kaninchen erhalten wurde, das durch die W. Müller'schen mit Wasser gefüllten Ventile athmete. Man sieht an dieser Curve *a a a* die kleinen Pulswellen, *b b b* die kleinern gewöhnlichen Respirationswellen und *c c c* die grossen Traube'schen Wellen. Die Curve *B* ist von demselben Kaninchen gewonnen, das durch dieselben Ventile reinen Sauerstoff zu athmen begonnen hat. Wie man sieht, sind die Respirationswellen ganz geschwunden, die Traube'schen Wellen sind ein wenig abgeflacht, aber doch ganz deutlich ausgesprochen.

Ehe ich den Grund dieser Veränderung bespreche, will ich noch zwei an einem andern curarisirten Kaninchen gewonnene Curven vorführen, dem die künstliche Luft- oder Sauerstoffeinblasung gemacht wurde.

Die Curve *C* ist bei Luft-, die Curve *D* bei Sauerstoffeinblasung gewonnen. Auf der Curve *C* sehen wir wieder drei Arten Wellen: pulsatorische *a a*, respiratorische *b b*, und Traube'sche *c c c*; die ersten beiden sind auch in *D* ausgesprochen: die Traube'schen Wellen fehlen aber vollständig bei den künstlichen Sauerstoffeinathmungen; auch ist der Blutdruck bei der letztern nicht unbeträchtlich gesunken. Die Curve *D* ist erhalten, nachdem dem Thiere während einer Minute Sauerstoff eingeblasen wurde, die Zahl der Einblasungen während der Zeiteinheit sowohl wie deren Tiefe war beim Sauerstoff dieselbe wie bei der Lufteinblasung.

Man sieht also, dass der Effect der Sauerstoffathmung ganz verschieden ausfällt, je nachdem das Thier von selbst athmet oder ihm die Luft mit Gewalt eingeblasen wird.

Im ersten Falle haben wir 1) ein vollständiges Schwinden der respiratorischen Schwankungen und 2) eine nur geringe Abflachung und Erniedrigung der Traube'schen Wellen. Im zweiten Falle sehen wir im Gegentheil, dass 1) die respiratorischen Wellen erhalten, 2) die Traube'schen dagegen ganz schwinden.

Da in beiden Fällen reiner Sauerstoff eingeathmet wurde und diese Unterschiede mehr oder minder scharf ausgeprägt sind, wie lange wir auch diese Einathmung machen liessen (übrigens nicht länger als 10 Min.), so ist es klar, dass diese Unterschiede nur von den Mengen des Sauerstoffs bedingt sind, welche bei dieser verschiedenen Athmungsweise in's Blut hineintreten.

Bekanntlich gehen die Ansichten der Physiologen über die Möglichkeit des grössern Sauerstoffeintritts in's Blut beim gewöhnlichen Athmen etwas auseinander. Während einige annehmen, dass das Thier um so mehr Sauerstoff absorbirt, je grösser sein Procentgehalt in der Luft ist, geben andere zwar die Fähigkeit der Blutkörperchen, grössere Quantitäten Sauerstoff als es bei der gewöhnlichen Athmung geschieht aufzunehmen, zu, leugnen aber einen solchen verstärkten *O*-Eintritt in's Blut, wenn das Thier unter dem gewöhnlichen atmosphärischen Drucke eine sauerstoffreichere Luft einathmet. Dieses Leugnen stützt sich auf die zuerst von Rosenthal gemachte Erfahrung, dass, wenn man mehr Sauerstoff in's Blut in irgend einer Weise einführt*) das Thier zu athmen aufhört und

*) Dass bei Apnoe die Spannung des Sauerstoffs im Blute zunimmt, ist bekanntlich noch unlängst von Ewald im Pflüger'schen Laboratorium gezeigt worden.

dabei der normale Reiz für Sauerstoffmangel wegfällt, welcher das Athmungscentrum erregt.

Je reicher das Blut an Sauerstoff ist, um so oberflächlicher wird die Athmung, da es die Frequenz und die Tiefe der Athemzüge dem Sauerstoffgehalt der eingeathmeten Luft anpasst.

Die hier mitgetheilten Versuche sprechen auf das evidenteste zu Gunsten dieser letztern Anschauungsweise.

Die entgegengesetzt lautenden Beobachtungen sprechen insofern nicht gegen die Richtigkeit dieser Anschauung, als sie entweder bei sehr hohen Drucken (z. B. in den Versuchen von P. Bert) oder an Menschen gemacht wurden, welche man dazu bewog willkürlich bei der Sauerstoff-Athmung wenigstens ebenso tiefe und häufige Athemzüge wie bei der Luftathmung zu machen. In diesem letzteren Falle befinden sich die Menschen ganz unter denselben Bedingungen, wie die mit Curare vergifteten Kaninchen, denen wir abwechselnd ebenso häufige als tiefe Luft- und Sauerstoffeinathmungen gemacht haben. In den Fällen, wo der eingeathmete Sauerstoff unter einem höhern als dem atmosphärischen Druck steht, oder wo die Abhängigkeit der Zahl und Tiefe der Athemzüge von der Sauerstoffspannung im Blute auf irgend eine Weise beseitigt ist, kann in's Blut wirklich mehr Sauerstoff als normal eintreten. Wie die Versuche von P. Bert zeigen, gehört aber ein sehr hoher Druck (3 Atmosphären) dazu, um in irgend erheblicher Weise die Sauerstoffspannung im Blute zu erhöhen. — Mit einem Worte wir können eine Sauerstoffzunahme im Blute nur in den Fällen erhalten, wenn wir künstlich die Sauerstoffeinblasung machen. In den Fällen aber, wo das Thier selbstständig Luft unter den normalen Druckverhältnissen einathmet, ist die Sauerstoffzunahme im Blute, wenn überhaupt, so doch nur in den ersten Momenten der Einathmung vorhanden, und auch hier ganz unbedeutend.

Daraus erklären sich auch mit Leichtigkeit die Unterschiede, welche wir in den Blutdruckcurven erhielten, je nachdem das Thier willkürlich einathmete oder ihm künstliche Lufteinblasungen gemacht wurden.

Wie schon Traube gezeigt, hängen die grossen und wellenartigen Schwankungen des Blutdruckes von einer rhythmischen Thätigkeit des Gefässnervencentrums ab, welche in der Erregung durch CO_2-Anhäufung ihren Grund hat.

Diese Wellen erscheinen daher besonders deutlich bei ungenügender Lungenventilation und müssen verschwinden, sobald in's Blut auf eine künstliche Weise mehr Sauerstoff eingeführt wird (Curve *D*). — Soweit stimmen unsere Beobachtungen ganz mit denen von Traube und theilweise mit denen von Schiff überein. Dagegen können wir dem Letztern nicht beistimmen, wenn er auch die gewöhnlichen respiratorischen Blutdruckschwankungen einer rhythmischen Thätigkeit des Gefässnervencentrums zuschreibt, das isochron mit der Erregung des Athmungscentrums durch CO_2-Anhäufung oder Mangel an *O* sein soll. Gegen diese Deutung spricht sowohl ihr Zusammenfallen mit dem willkürlichen Rhythmus der künstlichen Athmung, als auch die Beobachtung (Curve *A* und *B*), dass diese Schwankungen erst dann bei *O*-Athmung schwinden, wenn dessen Menge im Blute nicht wesentlich geändert wird (Curve *B*).

Der Gasgehalt des Blutes ist also für die respiratorischen Wellen ganz ohne Belang.*)

Diese respiratorischen Schwankungen hängen wirklich von den, hauptsächlich durch Ludwig's Untersuchungen, aufgeklärten Schwankungen des in der Thoraxhöhle herrschenden Druckes ab. Wenn sie bei der *O*-Athmung verschwinden, so hängt dies davon ab, dass die Thiere bei Athmung in freiem Sauerstoff die Excursionen der Brusthöhle viel oberflächlicher machen, die Druckschwankungen in der Brusthöhle also zu gering werden, um in der Blutströmung einen merklichen Effect hervorzurufen.

Diese respiratorischen Schwankungen verschwinden daher auch bei Hunden bei dem sogenannten lechzenden Athmen und bleiben bei *O*-Athmung bestehen, wenn diese durch künstliche Einblasungen geschieht.

Die vollständige Unabhängigkeit dieser respiratorischen Wellen von dem Gasgehalte des Blutes, welches das Gefässnervencentrum umkreist oder von etwaigen Reflexen von den Lungengeweben aus u. s. w., ging am klarsten schon aus den Versuchen hervor, welche ich früher über den Einfluss der Temperaturveränderungen auf die centralen Enden der Herznerven angestellt habe. (Siehe oben pag. 138.) In diesen Versuchen war das ganze Gehirn vollständig von der allgemeinen Blutcirculation ausgeschlossen. Die Arteriae carotides und vertebrales sowie alle entsprechenden Venen waren unterbunden und durch die erstere unter constantem Drucke ein künstlicher Blutstrom durchgeleitet. Trotz alledem blieben doch diese Schwankungen, wie man sich aus der dort abgedruckten Curve überzeugen kann, ganz unverändert bestehen. — (Der Blutdruck wurde in der Art. cruralis gemessen.) Sogar die Durchschneidung der beiden Vagi änderte nichts an ihrem Character. Die Dauer und Form dieser Schwankungen blieb dieselbe.

Diese Versuche waren noch wegen einiger anderer Erscheinungen von grossem Interesse für die uns hier beschäftigende Frage. An demselben Hunde, dessen Blutdruckcurve in der betreffenden Abhandlung als Beispiel mitgetheilt worden ist, machte ich noch mehrere Versuche, welche den Character der wellenartigen Blutdruckschwankungen erläutern sollten. Etwa 10 Minuten, nachdem die Vagi durchschnitten wurden, wurde die Blutdurchleitung durch das Gehirn sistirt, die künstliche Athmung aber noch fortgesetzt. Der Blutdruck fing allmählich zu sinken an, die respiratorischen Schwankungen blieben stehen, und die Traube'schen Wellen begannen hervorzutreten. Nun wurde der Rhythmus der künstlichen Athmung plötzlich bedeutend beschleunigt, so wie es zur Erregung der Apnoe nothwendig ist. Die respiratorischen Schwankungen verschwanden anfangs ganz; dagegen dauerte das immer deutlichere Hervortreten der Traube'schen Wellen ununterbrochen fort; nur nach einiger Zeit zeigten sich dann und wann einige respiratorische Wellen auf den Gipfeln der Traube'schen. Die Curven *E*, *F*, *G*, *H*, *I*, und

*) Bei Gelegenheit meiner Versuche, welche in der Antwort an Heidenhain niedergelegt sind, war ich auch einige Zeit durch mehrere Beobachtungen zu der Ansicht geneigt, welche einen anderen Ursprung für diese Schwankungen annimmt.

K Taf. VII und VIII geben Rechenschaft von dieser Veränderung, sowie von der normalen Wiederkehr der frühern Curve, sobald die Athmung zu dem früheren Rhythmus zurückkehrte.

Das scharfe Hervortreten der Traube'schen Wellen trotz der Apnoe darf natürlich nicht Wunder nehmen, da das Gefässnervencentrum von der allgemeinen Circulation ausgeschlossen war.

Das Sistiren der künstlichen Blutzuführung zu diesem Centrum war der Anstoss zu ihrem Erscheinen. Mit Rücksicht auf die Untersuchungen Poiseuille's und Grèhant's über den Einfluss der Lungenausdehnungen auf die Circulation in den Lungengefässen und indirekt auf den Blutdruck im Herzen, könnte man auf die Vermuthung kommen, man habe es bei diesen grösseren respiratorischen Schwankungen vielleicht mit ähnlichen Einflüssen zu thun. Die Curven *L, M* und *N* beweisen aber die Unzulässigkeit einer solchen Vermuthung für solche Fälle. Diese beiden Curven sind gewonnen nach Eröffnung der Brusthöhle und Aufhören der Athmung. Nachdem nämlich vorher mehrmals der apnoëtische Zustand herbeigeführt wurde, behielt die Blutdruckcurve die grösseren Schwankungen; sie fing sogar später an allmählich zu steigen, so dass sie einen höheren Stand als im Beginne des Versuchs erreichte. Dieses Steigen des Druckes mag wohl von dem allmählichen Schwinden der Curarewirkung herrühren, da bald darauf sich auch einzelne Zuckungen in den Skeletmuskeln einzustellen begannen.

Die Respirationscurven zeigten sich nur zeitweise, wurden aber immer undeutlicher, als der Blutdruck in die Höhe ging. Sobald aber die Brusthöhle eröffnet und die Athmung sistirt war, verschwanden diese letzteren ganz, während die Traube'schen Wellen noch längere Zeit anhielten, und zwar war ihre Dauer früher *(L)* kürzer, dann aber *(M)* bedeutend verlängert worden. Die Stellen, wo die plötzlichen Einknickungen der Wellen stattfinden, waren mehrmals mit momentanen Zusammenzuckungen des ganzen Körpers verbunden. Die Vermuthung, als hingen die Blutdrucksteigerungen von diesen Zuckungen der Skeletmuskeln ab, wird dadurch beseitigt, dass sie auch einige Male an andern Verlaufsstellen der Traube'schen Wellen auftraten, ohne ihren Gang zu beeinflussen (Curve *N*).

Das häufige Auftreten dieser Zuckungen grade im Moment wo die Welle ihren niedrigsten Stand erreicht hat, kann man wohl kaum als ganz zufälliges Zusammentreffen betrachten. Es wäre nicht gerade undenkbar, dass dieselben Reize, welche die glatten Muskeln zur Contraction veranlassen, in gleicher Weise auf die quergestreiften wirken.

Das Vergehen der Curarewirkungen, welches sich bekanntlich immer durch Eintritt von zuerst fibrillären Zuckungen, dann aber auch von Zuckungen ganzer Muskeln kundgiebt, mag der Hauptreiz sein, welcher neben der Kohlensäureanhäufung hier thätig ist.

Wir führen noch der Vollständigkeit wegen zwei an einem curarisirten Kaninchen während der Apnoe gewonnene Blutdruckcurven *O* durch Luft-, *P* durch Sauerstoffeinblasungen an. In der letztern tritt der Abfall des Druckes viel plötzlicher ein, während in der ersten während des Sinkens des Druckes sich noch Traube'sche Wellen zeigen. Beiläufig bemerkt ist auch dieser Unterschied nicht durch die mechanischen

Folgen der Lungenausdehnung (Hering, Grèhant) mit der Blutdrucksenkung zu erklären. Dass bei Apnoe die respiratorischen Schwankungen meistens ganz verschwinden, wird wohl daher rühren, dass die Druckänderungen in der Thoraxhöhle zu kurz dauernd sind und zu schnell in entgegengesetzte Zustände übergehen, um einen eingreifenderen Einfluss auf den Blutdruck äussern zu können.

Es ist also durch alle diese Versuche festgestellt worden:

1) Die gewöhnlichen respiratorischen Aenderungen des Blutdruckes hängen nur von den Aenderungen des Druckes in der Thoraxhöhle ab, und nicht vom CO_2-Gehalte des Blutes oder von reflectorischen Erregungen von dem Lungengewebe aus (Schiff, Hering). Sie verschwinden daher bei Sauerstoffeinathmung nur dann, wenn das Thier selbständig athmet, also seine Thoraxexcursionen verringert.

2) Die Traube'schen Schwankungen sind durch Reizungen der im Gehirn und in der Peripherie gelegenen vasomotorischen Centra durch CO_2-Anhäufung (oder O-Mangel), vielleicht auch durch das Verschwinden der Curarevergiftung bedingt; sie können durch Erhöhung der O-Spannung im arteriellen Blute, oder Verminderung der CO_2-Menge*) zum Verschwinden gebracht werden. Ueber die Veränderungen der Reflexthätigkeit des Gefässnervencentrums in Folge erhöhter Sauerstoffspannung im Blute wird in den beiden folgenden Mittheilungen gehandelt.

---

*) Nach der Untersuchung von A. Ewald (Pflüger's Archiv 1873) kommt bekanntlich beides bei der Apnoe vor.

Erklärung der zugehörigen Tafeln VII und VIII.

A. Unvergiftetes Kaninchen. Luftathmung.

B. Unvergiftetes Kaninchen. Sauerstoffathmung.

C und *D.* Kaninchen curarisirt. *C*: künstliche Lufteinblasung. *D*: Sauerstoffeinblasung. Trommeldrehung absichtlich verlangsamt. Höhe um die Hälfte verkleinert.

E, F, G, H, I, K. Curarisirter Hund. Künstliche Circulation im Gehirn. *E*: nach Durchschneidung beider Vagi. *F*: Aufhören der Circulation durch das Gehirn; gewöhnliche Athmung. *G*: Apnoëtische Lufteinblasungen, Beginn, *H*: Mitte, *I*: Ende der apnoëtischen Athmung. *K*: sofort nach der gewöhnlichen Athmung. (Fortsetzung des Versuchs, der oben p. 142 abgedruckt ist; die Curve ist dort mehr als zur Hälfte kleiner gedruckt worden.)

L, M, N. Nulllinie für die 3 Curven gemeinschaftlich. *L*: Fortsetzung von *K* nach Aufhören der künstlichen Athmung und Eröffnung der Brusthöhle; *M*: Folge von *L*, eine der verlängerten Traube'schen Wellen. *N*: Folge von *M*.

O und *P.* Curarisirtes Kaninchen. *O*: Apnoë durch Lufteinblasungen. *P*: durch Sauerstoffeinblasungen.

II. Physiologie der Athmung.

1. Die Wirkung hoher atmosphärischer Drucke auf Athmung und Circulation.

(Comptes rendus de l'Academie des Sciences de Paris, 1882.)

Bisher hatten die zum Zwecke einer Prüfung dieser Wirkung unternommenen Experimente keine recht präcisen Resultate ergeben. Freilich waren die Bedingungen, unter denen man hierbei zu Werke ging, keineswegs günstige. Man schloss in einem eisernen Cylinder einen Hund ein, welchen man hierauf hohen atmosphärischen Drucken aussetzte. Während der ganzen Versuchsdauer war es unmöglich den Hund de visu zu beobachten. Die nothwendigerweise im Kreislaufe und in der Athmung vor sich gehenden Veränderungen entgingen der Beobachtung. Man begnügte sich damit, von Zeit zu Zeit der Carotis des Hundes ein gewisses Blutquantum zu entnehmen, welches man der Analyse unterwarf. Man war kaum im Stande auch nur mit einiger Wahrscheinlichkeit festzustellen, welche atmosphärische Drucke dazu erforderlich seien, um den Tod unvermeidlich herbeizuführen. Noch viel weniger gelang es, die wirklichen Ursachen dieses Todes zu bestimmen.

Ich habe neuerdings mir die Aufgabe gestellt, diese Wirkung mit Hülfe strengerer Untersuchungsmethoden zu erforschen. Eben dieselben Apparate, deren vorher Herr P. Bert zu seinen Experimenten sich bedient hatte, waren mir zur Disposition gestellt worden. Zu diesen Apparaten habe ich einige andere hinzugefügt, welche derartig construirt waren, dass sie mir die Möglichkeit gewährten, während der Dauer des Versuches mit Genauigkeit alle Veränderungen des Blutdruckes sowie die in der Zahl und der Intensität der Herzpulsationen und der Athembewegungen eintretenden Veränderungen zu bestimmen. Ich habe überdies nach Belieben in das regelmässige Spiel dieser Functionen eingreifen können, indem ich die vasomotorischen Nerven, die Nervi pneumogastrici oder ischiadici electrischen Reizungen unterwarf.

Beim Ausführen dieser Operationen hatte ich mit grossen Schwierigkeiten zu kämpfen. Keine andere Reihe physiologischer Experimente hat mir jemals ähnliche bereitet. Ich werde die von mir in Gebrauch gezogenen Apparate in dem ausführlichen Berichte über die in Rede stehenden Experimente beschreiben. Hier genügt es anzuführen, dass ich den Blutdruck mit Hülfe eines ausserhalb des Druckapparates an-

gebrachten Quecksilbermanometers gemessen habe; dieses Manometer hatte mehr als 3 Meter Höhe und 1,5 bis 2 Mm. Durchmesser.

Die wichtigste der von mir erhaltenen Resultate sind folgende;

1) athmet der Hund gewöhnliche Luft, so beginnt der Blutdruck zu sinken, sobald der Normaldruck auf 1,25 Atm. steigt. Dieses Sinken nimmt langsam zu. Bei 3 Atm. hat es 70 bis 100 Mm. erreicht. Ersetzt man die gewöhnliche Luft durch reinen Sauerstoff, so erfährt der Blutdruck eine noch viel auffallendere Abnahme: er sinkt sehr rasch. Bei 3 Atm. ist der Blutdruck schon ein so niedriger (er beträgt kaum 20 bis 10 Mm.), dass der Kreislauf, und folglich die Fortdauer des Lebens selbst, fast unmöglich wird;

2) wenn der Barometerdruck zwei Atmosphären übersteigt, lässt die Zahl der Herzschläge eine merkliche und constante Vermehrung wahrnehmen. In diesem Augenblicke sind die Pulsationen, wenn der Hund reinen Sauerstoff athmet, fast auf das Doppelte gestiegen; zwischen 1,50 und 2 Atm. ist die Amplitude der Herzschläge am beträchtlichsten.

3) die Athembewegungen erleiden parallele Veränderungen jedoch in umgekehrter Richtung. Bis zu 2 Atm. ist der Unterschied kaum merklich, sind die 2 Atm. einmal überstiegen, so nimmt die Zahl der Athemzüge beständig ab. Wenn das Thier reinen Sauerstoff athmet, zählt man höchstens 4 bis 6 Athemzüge in der Minute, die Athemzüge werden sehr oberflächlich.

Aus der Gesammtheit dieser Resultate ergiebt sich offenbar:

1) dass die hohen atmosphärischen Drucke auf den Organismus in merklicher Weise nur dann einwirken, wenn sie die Beziehungen zwischen den Spannungen der in dem Blute enthaltenen Gase beträchtlich modificiren;

2) dass diese Wirkung auf die Circulations- und Respirationsapparate gemäss den Gesetzen sich vollzieht, welche die Wirkung der Blutgase auf die Funktionen jener Organe beherrschenden Nervencentra regeln;

3) dass folglich der Sauerstoff keineswegs ein specifisches Gift für den Organismus ist; bei hohen atmosphärischen Drucken sterben die Thiere nur deshalb, weil, indem die Kohlensäure (dieser wichtigste Erreger der vasomotorischen und respiratorischen Centren) sehr merklich abnimmt, die Circulation und die Respiration stocken: die Circulation, in Folge der allzu beträchtlichen Abnahme des Blutdruckes; die Respiration, in Folge der Apnoe. Die Herzschläge erfahren aus denselben Gründen eine Beschleunigung: einerseits wird ihre Thätigkeit durch den Sauerstoff, den normalen Erreger der Nerven und der beschleunigenden Centra, gesteigert; andererseits wird in Folge des Verschwindens der Kohlensäure die hemmende Wirkung der Nervi pneumogastrici*) verringert?

*) Siehe oben: „Ueber den Einfluss der Kohlensäure und des Sauerstoffs auf das Herz.

2. Die Wirkung hoher barometrischer Drucke auf die Organe der Respiration und Circulation*).

[Archiv für Physiologie von du Bois-Reymond, 1884 (Jubelband)].

Capitel I.

Paul Bert's Versuche.

Wenn es Jemand einfallen würde in den Magen eines Hundes mit Gewalt etwa fünfzig Kilogramm Fleisch einzuführen, so würde der einer solchen Behandlung unterworfene Hund ersticken, oder in Folge einer Magenzerreissung zu Grunde gehen. Was aber würde man von einem Experimentator sagen, der, nachdem er einen solchen Versuch anzustellen kein Bedenken getragen, aus dessen Misserfolg den Schluss zöge, Fleisch sei für den Organismus ein Gift?

Und doch sind es derartige Experimente, die Paul Bert angeführt hat, um die Wirkung hoher Drucke auf den thierischen Organismus zu studiren, und es ist eine analoge Schlusssfolgerung, die ihn dazu gebracht hat den Anspruch zu thun, dass der Sauerstoff sowohl für die Thiere als für die Vegetabilien ein Gift sei. Bevor wir über die Resultate der von uns vor einigen Jahren im Laboratorium des Herrn Paul Bert unternommenen und zum Theil mit eben denselben Apparaten, deren auch er zu seinen Untersuchungen sich bedient hatte, ausgeführten Experimente berichten, wollen wir hervorheben, dass wir weit davon entfernt waren eine Vervollständigung, eine Verificirung, oder eine Erweiterung der sonderbaren Versuche Bert's, die zu noch sonderbareren Schlüssen geführt hatten, zu unternehmen. Noch, als wir diese Arbeiten nur aus den kurzen, der Akademie der Wissenschaften gemachten Mittheilungen kannten, waren wir bereits überzeugt, dass die Schlussfolgerung betreffs der toxischen Wirkungen des Sauerstoffs nur auf einem logischen Fehler beruhen könne. Beim Betrachten der von Herrn Bert zu seinen Versuchen verwendeten Apparate haben wir die absolute Unmöglichkeit eingesehen, mit Hülfe so grober Werkzeuge so sehr complicirte Phänomene als es die im Organismus unter der Einwirkung hoher Drucke sich kundgebenden sind, zu studiren. Es genügt übrigens ein Durchblättern seines allzudicken Buches, um sich davon zu überzeugen, dass hier mit der Plumpheit der Instrumente die Unzulänglichkeit der Methoden Hand in Hand ging. Unter solchen Bedingungen waren irrige Schlüsse unvermeidlich.

Wir sind genöthigt bei den hauptsächlichsten, auf die Art und Weise wie hohe Drucke auf den Organismus wirken bezüglichen Versuchen des Herrn Bert zu verweilen, zuerst um nachzuweisen, wie nichtig die Theorien dieses Autors sind, die nur Dank der ihnen von Seiten der Akademie zu Theil gewordenen Anerkennung so leicht Eingang gefunden haben; sodann aber um die Gesichtspunkte klar zu bezeichnen, von denen aus wir im Laufe unserer eigenen Arbeiten mehre seiner Apparate verwendet haben. Es wird sich dabei ergeben, dass, um in streng wissenschaft-

*) Aus dem Französischen übersetzt.

licher Weise die Wirkung der hohen Drucke auf mehrere Functionen des Organismus zu erklären, wir keineswegs erst einer Wiederholung der Versuche unseres Vorgängers bedurften.

Wir werden alle unsere Citate dem von Herrn Bert im Jahrs 1878 unter dem Titel „La pression barométrique" („der barometische Druck") veröffentlichen Bande entnehmen. Von den elfhundertundfünfzig in ihm enthaltenen Seiten ist mehr als die Hälfte mit Nebensächlichem angefüllt: Reisebeschreibungen, Berichte über von verschiedenen Luftschiffern und Ingenieuren angestellte Untersuchungen, etc. Der Rest des Werkes ist nicht nur den eigenen Arbeiten des Verfassers, sondern auch denen seiner Gehilfen und Stellvertreter gewidmet; unter anderen findet man dort die schönen und gewissenhaften Arbeiten des N. Gréhant über die Fähigkeit des Blutes den Sauerstoff zu absorbiren; nebenbei gesagt, die einzigen, welche, einen reellen wissenschaftlichen Werth haben*).

Wir werden uns nur mit denjenigen Versuchen beschäftigen, deren Aufgabe es war, die Wirkung der hohen Drucke zu erforschen. Bevor wir indessen zu einer Prüfung derselben übergehen, erscheint es zweckmässig, zunächst über den Werth der von unserem Autor angewandten gasometrischen Methoden zu entscheiden. Für Untersuchungen solcher Art ist der Werth dieser Methoden entscheidend; auf sie kommt alles an, mag es sich darum handeln, die Zusammensetzung der comprimirten Luft, in welcher in einem gegebenen Augenblicke die Thiere geathmet haben, zu bestimmen, oder aber die Gase des einer Luft von einer gegebenen Zusammensetzung entsprechenden Blutes zu analysiren. Hierin gipfelt die ganze Frage und das ganze an diese Experimente sich knüpfende Interesse concentrirt sich in dieser Zusammensetzung.

Glücklicher Weise hat der berühmte Bunsen die Wissenschaft mit gasometrischen Methoden bereichert, welche klassisch geworden sind und zu den allerexactesten der modernen Chemie gehören. Sie gestatten uns diese Analysen mit einer Schärfe auszuführen, die sich bis auf die 4. und 5. Decimale erstreckt. Prof. Ludwig mit seinen Schülern einerseits, Prof. Pflüger andererseits haben sich dieser rationellen Forschungsmittel zu bedienen gewusst, um dieselben mit einer Genauigkeit ohne Gleichen auf die physiologischen Probleme anzuwenden. Freilich erfordert die An-

*) Verf. erkennt selbst an, dass der Umfang seines Buches zu dessen Bedeutung nicht in rechtem Verhältnisse steht. „Möge", sagt er, „diese Enthaltsamkeit, die ich mir beim Zusammenstellen der Resultate auferlege (3 Seiten Schlussfolgerungen), es bewirken, dass mir die 1150 Seiten vergeben werden, die mir, um den Leser dem Ziele zuzuführen, erforderlich schienen. Ich überlasse es Anderen, die delicate Frage zu entscheiden, ob dieser Gegensatz mir zum Vorwurfe oder zum Lobe gereicht."

Er begnügt sich damit, als „mildernden Umstand" geltend zu machen, dass das Institut ihm den zweijährigen Preis zuerkannt hat. Unserer Ansicht nach bildet diese Winzigkeit der Resultate nur einen erschwerenden Umstand für das Institut, welches in so leichtfertiger Weise Untersuchungen gekrönt hat, die über einen Gegenstand von untergeordnetem Interesse in unmethodischer Weise angestellt wurden und zu werthlosen Schlussfolgerungen geführt haben. Vergeblich hat Herr Bert dieses sein Werk luftsegelnder Phantastik mit den Bildnissen Croce-Spinelli's und Sivel's geschmückt, die alle Beide ihr in seine Betheuerungen gesetztes Vertrauen mit dem Leben büssten; vergeblich hat er photographische Abbildungen von Tauchapparaten und von tausend andern nicht zur Wissenschaft gehörigen Dingen hinzugefügt: alles das mildert nicht den von dem gelehrten Areopage begangenen Schnitzer.

wendung dieser Methoden ein specielles Erlernen derselben, sowie ein Vertrautsein mit Präcisions-Arbeiten.

Man musste vorausgesetzt haben, dass Herr Bert es sich würde angelegen sein lassen, die von seinen Vorgängern ausgearbeiteten Methoden zu benutzen, um seinen Versuchen einen der heutigen Physiologie würdigen Grad von Präcision zu ertheilen. Leider ist diese Erwartung getäuscht worden; Herr Bert hat es vorgezogen seine Zuflucht zu antediluvianischen Methoden zu nehmen, die vielleicht bei Luftschiffern in Ansehen stehen, aber im Laboratorium eines Physiologen ganz und gar am unrechten Orte sind. Die 545. Seite seines Buches liefert in dieser Beziehung einen instructiven Beleg. Der Verfasser hat so eben über eine Versuchsreihe berichtet, deren Zweck es war zu bestimmen, bei welchen Bedingungen die Sperlinge unter dem verminderten Drucke in der verdünnten Luft starben. Wie es stets geschieht, wenn der Experimentator die wichtigsten Faktoren vernachlässigt, ergaben die Versuche wechselnde, keinerlei Schlussfolgerung zulassende Resultate. Anstatt nun die Ursachen dieser Divergenz in den Experimenten, welche doch „zur Grundlage einer Vergleichung mit den übrigen" (S. 536) dienen sollten, aufzusuchen, und durch deren Eliminirung zu klaren, präcisen, gleichmässige Resultate ergebenden Experimenten zu gelangen, erblickt Herr Bert in diesem Mangel an Uebereinstimmung nur eine Entschuldigung für die unverzeihliche Nachlässigkeit, die er sich bei seinen Gasanalysen zu Schulden kommen liess. Ich citire hier die unglaublichen Zeilen, vermittelst deren er ebensowohl der Weitschweifigkeit seiner Darstellung als der Mangelhaftigkeit seiner Analysen einen Deckmantel umzuhängen versucht. Dieser Passus verdient unverkürzt wiedergegeben zu werden, weil er ganz trefflich den Autor und dessen Untersuchungen charakterisirt: „Sicherlich, wenn ein Sperling unter der Glocke bei einem gewissen Drucke, zu Grunde geht, hat die Luft dieser Glocke eine Zusammensetzung, welche die vervollkommneten Methoden der modernen Chemie vielleicht gestattet haben würden bis auf ein Zehntausendstel zu bestimmen. Wozu aber würde eine solche Genauigkeit dienen, wenn unsere Versuche uns zeigen, dass ein anderer, dem ersten in allem ähnlicher, in scheinbar identische Bedingungen versetzter Sperling, in einer Luft stirbt, deren Zusammensetzung von derjenigen des ersten Falles um 4 oder 5 Zehntel von Sauerstoff oder Kohlensäure, ja selbst wohl noch um mehr differiren kann. Offenbar thut man besser, wenn man in der Absicht eine Erklärung dieser Differenzen aufzufinden, die Experimente vervielfacht, und sich dabei auf Anwendung bequemer Analysirungsmethoden beschränkt, welche ein rasches Verfahren gestatten.

Aber der Gipfel des Absurden wäre es, — und unglücklicherweise ist es eben dieses Gebahren dem man häufig genug in den deutschen Arbeiten begegnet, — wenn man diesen letzteren Methoden einen Anschein von Genauigkeit, die sie nicht zulassen, dadurch zu geben suchen wollte, dass man die Berechnungen bis zu den zweiten und dritten Decimalstellen ausdehnte und selbst zu den Logarithmentafeln griffe, um ihrer noch mehr zu festzustellen."

Wenn wir uns der Ausdrucksweise des Verfassers bedienen dürften,

so würden wir sagen, dass es „der Gipfel der Frechheit und der Ignoranz" ist, wenn man nicht nur seine Zuflucht zu „ein rasches Verfahren gestattenden bequemen Methoden der Analyse," dort nimmt, wo einzig und allein die Genauigkeit der Analyse den Versuchen irgend einen Werth verleihen kann, sondern wenn man auch noch Absurdität jenen wahren Physiologen vorzuwerfen sich erdreistet, welche in ihrer Liebe zur wissenschaftlichen Präcision nicht davor zurückscheuen, „die Berechnungen bis zu den 2. und 3. Decimalstellen auszudehnen und sogar — horribile dictu — zu den Logarithmen-Tafeln zu greifen."

Was die wirklichen Ursachen der von Herrn Bert bei seinen Experimenten beobachteten Abweichungen anbetrifft, so sind dieselben verschiedener Natur und wir können hier auf dieselben nur in summarischer Weise hinweisen. Vor allem versäumt der Verf. es, uns das Gewicht eines jeden zum Versuche verwendeten Sperlings anzugeben. Da die klassischen Versuche Regnault's und Reiset's (und diese Forscher verschmähten die dritte Decimale nicht) längst bewiesen haben, dass die Menge absorbirten Sauerstoffs und von den Thieren producirter Kohlensäure vom Gewichte dieser Thiere abhängt, muss die Resistenz der Sperlinge in der abgesperrten Luft vor allem wechseln, je nach dem wechselnden Verhältniss zwischen ihrem Körpergewicht und der Menge der ihnen zur Verfügung gestellten Luft. Dieses ist um so wahrer, als die Zahl des absorbirten O, wie es die oben citirten Autoren bewiesen haben, eine sehr hohe ist (9,595 Grm. pro Kilogr). Nicht nur hat Herr Bert versäumt die Sperlinge zu wiegen, sondern er hat es auch unterlassen anzugeben, ob die Sperlinge nüchtern waren oder nicht, ob sie in der Atmosphäre des Laboratoriums seit längerer oder kürzerer Zeit eingesperrt waren etc. Ueberdies sind die zu ihrer Disposition gestellten Luftmengen von Anbeginn seiner Versuche an jedesmal verschiedene, und er staunt darüber, dass die Zusammensetzung der tödtlichen Luft in jedem Versuche in gewissem Maasse differirt! Wir erwähnen nur pro memoria derjenigen Verschiedenheiten, die in erster Linie aus den bei der Gasanalyse in Folge der Verwendung der „allzubequemen" Methoden begangenen Fehlern resultiren.

Bei seinen Versuchen mit den verminderten Drucken hängt der Mangel an Uebereinstimmung in den Resultaten, vor Allem von der Schnelligkeit ab, mit welcher die Abwechselungen im Drucke erzeugt werden. Nun vergisst aber Herr Bert es ganz und gar uns diese Schnelligkeit anzugeben, obwohl sie doch der wesentliche Faktor ist! Er zieht es vor seinen Trost in der Ueberzeugung zu suchen, „dass die erste Decimale bei der nothwendigen (?) Raschheit der Analysen beständig eine falsche sein kann und muss!"

Noch viel mangelhafter sind die Versuche mit den hohen Drucken. Die an Sperlingen angestellten Versuche (S. 584 und die folgenden) sind unter ebenso consequentem Verschweigen der bei solchen Untersuchungen allerunentbehrlichsten Angaben mitgetheilt. Hierzu aber gesellt sich eine neue Nachlässigkeit, welche an sich schon genügen würde, ihnen allen Werth zu nehmen: Verfasser notirt immer genau den Zeitpunkt, in welchem der Sperling dem hohen Drucke ausgesetzt zu werden anfing; anstatt aber den Versuch während seiner ganzen Dauer weiter

zu verfolgen, begnügt er sich mit der Angabe, dass der Sperling um die und die Stunde todt gefunden wurde. Hierauf folgen Bemerkungen über die Farbe des Blutes und über die Zusammensetzung der tödtlichen Luft!

Doch das Beste kommt. In den einen Experimenten (97, 98, 100) wird das Blut nach dem Tode schwarz angetroffen; in andern (95, 96, 99) sind das Blut und die Gewebe sehr roth. In den Ersten überstiegen die vermehrten Drucke nicht $1^1/_2$ bis $1^3/_4$ Atmosphären, die tödtliche Luft enthielt CO_2 von 15,4 bis 13,3 und O von 2,5 bis 3,7. In der 2. Reihe betrugen die Drucke 6 bis 7 Atmosphären und die tödtliche Luft enthielt CO_2 von 5,1 bis 2,8 und O von 17,4 bis 13,4. —.

Wir sehen also: 1. Serie, unbedeutender Druck: Schwarzes Blut, in der tödtlichen Luft Sauerstoff fast geschwunden, dagegen grosse Kohlensäuremengen; 2. Serie, sehr beträchtlicher Druck: rothes Blut, grosse Mengen Sauerstoffs und fast gänzliches Fehlen von Kohlensäure in der Luft, in welcher der Sperling gefunden wird. Der aus diesen Versuchen zu ziehende Schluss liegt auf der Hand: in der ersten Versuchsreihe sind die Thiere an Erstickung zu Grunde gegangen (schwarzes Blut, Abwesenheit von O, tödtliche CO_2-mengen). In der 2. Versuchsreihe muss die Hypothese der Asphyxie zurückgewiesen werden, weil einerseits das Blut und die Gewebe der Thiere roth sind und andererseits die Luft noch grosse Mengen O fast ohne jegliche Beimengung von CO_2 enthielt; dieses Mal muss der Tod der Thiere einzig und allein der directen Einwirkung der hohen Atmosphäre von 6 bis 8,8 zugeschrieben werden; diese Einwirkung ist es deren nähere Umstände hätten bestimmt werden sollen.

Die Thatsachen sind einfach; für jeden Physiologen ist die Schlussfolgerung zwingend. Herrn Bert erscheint „diese höchst merkwürdige, sonderbare Beobachtung wohl geeignet in Erstaunen zu versetzen". Mit Hülfe von Erörterungen, die ihrerseits in der That sonderbar genug sind, gelangt er zu dem Schlusse, dass der Tod dieser Sperlinge (Blut und Gewebe — roth!) „einer wirklichen Vergiftung des Blutes durch Kohlensäure" (trotz deren fast gänzlicher Abwesenheit) „zugeschrieben werden müsse." Er beschränkt sich nicht einmal auf diese in der That „höchst merkwürdige" Schlussfolgerung, sondern stellt ein allgemeines Gesetz auf, welches ihm später dazu dient alle seine mit dem gesteigerten Drücke ausgeführten Versuche zu erklären: „Der Tod der Sperlinge tritt ein, wenn die auf die so eben angegebene Weise gemessene Spannung der Kohlensäure eine Zahl erreicht hat, die zwischen 24 und 30 schwankt, wir werden hinfort 26 als Mittelzahl annehmen."

Die Spannung*) der Kohlensäure zu beschuldigen, ist allerdings bequemer als den wirklichen Ursachen der tödtlichen Wirkung hoher Drucke nachzuforschen. Wenn er auf den in der angeblich tödtlichen Luft angetroffenen Sauerstoff die über die Kohlensäure angestellte Berechnung hätte anwenden wollen, hätte Herr Bert in noch schlagenderer Weise

*) Man täuscht sich immer vermöge derselben Trugschlüsse: die berühmte Entdeckung eines neuen Anästhesirungsmittels, die von H. Bert mit so vieler Emphase ausgetrommelt wurde, aber nach den ersten Applicationsversuchen nichts mehr von sich hören liess, beruht gleichfalls auf einer imaginären Wirkung der Spannung des Stickstoffprotoxyds.

schliessen können, dass eine sehr hohe Spannung des in der atmosphärischen Luft enthaltenen Sauerstoffs es verhindert, dass dieser Sauerstoff durch das Blut absorbirt werde, und dass sie in Folge dessen tödtlich wirkt. Ein solches „Gesetz" würde den Tod der Sperlinge in einer, der von P. Bert gegebenen, ganz entgegengesetzten Weise erklären, aber es wäre darum nicht weniger unrichtig. Allerdings begeht unser Verf. auch diesen neuen Irrthum; nur verspart er ihn, wie wir bald sehen werden, für die folgenden Kapitel. Und was noch viel merkwürdiger ist, P. Bert hat das phantastische Gesetz über das Verhängnissvolle der Kohlensäurespannung von 26 nur darum ersonnen, um später ein anderes noch phantastischeres Gesetz über die vom Sauerstoff bei hoher Spannung entfalteten toxischen Eigenschaften aufstellen zu können.

In der That bemerkt P. Bert (S. 594), indem er seine Versuche mit hohen Drucken an Sperlingen fortsetzt, endlich die Thatsache, „die ihn anfangs nicht frappirt hatte," dass je mehr er den Druck steigert, um so mehr die Spannung der Kohlensäure in der angeblich tödtlichen Luft abnimmt. Anstatt aber in dieser Thatsache das zu erblicken, was sich wirklich aus derselben ergiebt, nämlich ein eclatantes Dementi seines Gesetzes über das Verhängnissvolle einer Spannung der Kohlensäure von 26, urtheilt P. Bert in ganz anderer Weise: das S. 587 (wir haben gesehen mit welchem Rechte) aufgestellte Gesetz wird für ihn auf der 598 S. zu einem unbestreitbaren Axiome; wenn die Beobachtungen seinem Gesetze in formeller Weise widersprechen, so deutet das nur die Nothwendigkeit an, noch ein Gesetz zu entdecken: „Dieses constante Sinken der Linie unter die von der Theorie angedeutete Curve, musste meine Gedanken auf das Eingreifen eines anderen Agens als der Kohlensäure richten. Schon hatten Vorversuche mir gezeigt, dass der Sauerstoff bei hohem Drucke üble Zufälle veranlasst und zu einer Todesursache wird. Seine verderbliche Rolle schien mir hier unverkennbar. Bevor ich mich anschicke diese dominirende Thatsache zu beleuchten" . . . .

Also einzig und allein weil die wirkliche Bedeutung seiner Experimente, ungeachtet ihrer Einfachheit, ihn anfangs nicht frappirt hatte, beharrt Herr Bert bei seinem ersten Irrthume und macht sofort einen zweiten ausfindig, der ihn dermassen frappirt, dass dieser nunmehr zur „dominirenden Thatsache" wird.

Und alles das, um die einfache Thatsache zu verkennen, dass die sehr hohen Drucke (5 bis 14 Atmosphären) schon an sich tödtlich sind, ganz abgesehen von den durch sie bedingten Störungen im Gasaustausche. In seiner Verblendung, deren Aufrichtigkeit wir nicht anzuzweifeln wagen, gelangt er sogar dahin in diesen hohen Drucken eine Bedingung langer Lebensdauer zu erblicken. Er wundert sich (S. 599), dass „die Lebensdauer, von 1 bis 9 Atmosphären keineswegs zugenommen habe mit dem Drucke oder, was eben soviel sagen will" (sic!), „mit der den Vögeln zur Verfügung stehenden Luftmenge," und er legt diese betrübende Thatsache dem vergiftenden Sauerstoffe zur Last!

Wir könnten es uns ersparen die wirklich allzuleichte Kritik der Untersuchungen unseres Autors noch weiter zu verfolgen. Sie erschöpfen sich alle in der Entdeckung dieser beiden angeblichen Gesetze; beseitigt

man diese letzteren, so löst sich ein für allemal Herrn Bert's ganzes wissenschaftliches, oder vielmehr aeronautisches Opus, in Dunst auf.

Fahren wir dennoch in der Besprechung desselben fort, so geschieht dies lediglich, um zu zeigen, wo die wahren Ursachen des bei hohen Drucken eintretenden Todes zu suchen sind. Zum Theil lassen sich diese Todesursachen, so mangelhaft die Versuche P. Bert's auch sind, schon aus diesen erkennen, aber noch ungeschickterer Beobachter als ungeübter Experimentator, bemerkt Paul Bert sie nicht, und fährt darin fort immer schnurrigere Beweise zur Stütze seiner Gesetze aufzustapeln.

P. Bert's zweite Versuchsreihe hat zur Aufgabe die Veränderungen kennen zu lernen, welche die Blutgase während des wechselnden Druckes erleiden. Die so feinen und so schwierigen Analysen dieser Gase führt er mit der von ihm zum Princip erhobenen Nachlässigkeit aus. Ein Feind der Decimalstellen und ein Verächter der Logarithmentafeln, räumt er bequemen und leicht zu befolgenden Verfahrungsweisen den Vorzug ein. Natürlich stösst er gleich zu Anfang seiner Untersuchungen auf so bedeutende Schwankungen, dass dieselben sogar ihm auffallen und er (S. 642) sein Erstaunen zu erkennen giebt, „angesichts des merkwürdigen Schwankens der Ziffern der Colonnen 3 und 4, welche die Mengen der bei normalem Drucke in 100 Cc. Blut enthaltenen Gase Sauerstoff und Kohlensäure ausdrücken."

Die individuellen Unterschiede genügen offenbar nicht um über diese Schwankungen Aufschluss zu geben. Man muss deren wahren Grund suchen; 1) in den bei Herrn Bert niemals gleichen Bedingungen, unter welchen die Steigerungen und Verringerungen des Druckes statt finden; 2) in den Fehlern, deren Quelle die mangelhaften Methoden sind, nach welchen die Analysen angeführt werden. In der Kritik dieser Methoden begeht der Experimentator einen sonderbaren Irrthum: sein Verfahren liefert ihm Schwankungen (d. h. Ungenauigkeiten) schon in den ganzen Zahlen, er folgert daraus, dass es also überflüssig wäre Verfahren zu adoptiren, welche selbst die 4. Decimalen mit Genauigkeit angäben. Gerade der umgekehrte Schluss aber wäre der richtige gewesen: die ihm auffallende Schwankung beweist das Fehlerhafte seiner Methoden; er würde also übereinstimmende Resultate erhalten, wenn er diese Methoden hinreichend verbesserte, um selbst mehre Decimalen mit Genauigkeit bestimmen zu können.

Gewisse Experimente P. Bert's interessiren uns ganz besonders: wir meinen diejenigen, welche vermöge des S. 654 beschriebenen Apparates ausgeführt wurden. Da dieser Apparat uns selbst zu der Mehrzahl unserer Untersuchungen gedient hat, können wir nicht umhin, hier eine Beschreibung desselben zu geben. Er besteht aus einem geraden Cylinder von 4 Mm. dicken Stahlblech. Dieser Cylinder ist auf dem einen Ende hermetisch geschlossen durch einen gusseisernen Rahmen, in dessen Centrum eine Glasplatte von 18 Mm. Dicke und 10 Cm. Durchmesser befestigt ist, auf der anderen durch eine gusseiserne Platte von elliptischer Form, welche mit einem Kautschuckringe versehen ist; man führt diese Platte mit ihrer kurzen Axe ein und befestigt sie mit Hülfe eines mit Schraubenmuttern versehenen Gestells. Der Druck im Innern des Cylinders sichert den hermetischen Verschluss. Der Cylinder hat 1,50 M. Länge

bei einem Durchmesser von ungefähr 40 Cm. Er ist mit mehreren Oeffnungen versehen, die dazu dienen ihn mit der Compressionspumpe in Verbindung zu setzen, oder um die Entspannung herbeizuführen, den Harn herauszufördern, und nöthigenfalls ein Blutgefäss des dem Experiment unterworfenen Thieres mit den ausserhalb befindlichen Vorrichtungen in Verbindung zu bringen. Alle diese Oeffnungen lassen sich durch Hähne abschliessen.

Die Uebelstände dieses Apparates liegen auf der Hand. Seiner Raumbeschränktheit wegen ist das Experimentiren an dem Hunde, der das Versuchsthier bildet, sehr erschwert; sie verhindert auch das Einführen der grossen Mengen Sauerstoffs, welche es möglich machen würden, die Compressionen und die Entlastungen mit jener Allmäligkeit eintreten zu lassen, die erforderlich wäre, um die rein mechanischen, durch plötzlichen Druckwechsel erzeugten Zufälle zu verhüten. Anderentheils gestattet das im Innern des Apparates herrschende Dunkel nicht das Thier während der ganzen Operationsdauer zu beobachten. Man hat eigentlich nur das Schlussresultat des Versuches vor sich, und da meistens in den Experimenten des P. Bert das Thier, nach einem Aufenthalte von verschiedener Dauer innerhalb des Apparates, todt angetroffen wird, war es sogar unmöglich festzustellen, unter welchen Umständen der Tod erfolgt ist, und in welchem Zustande das Thier im Verlaufe des Experiments sich befunden hat.

Man begreift ohne weiteres, dass mit so grosser Nachlässigkeit ausgeführte Versuche nothwendiger Weise allen wissenschaftlichen Werthes bar sein müssen. Die 2 oder 3 Blutentziehungen, welche P. Bert während der Drucksteigerung in der Absicht anstellte, um ein Blutgas-Analyse vorzunehmen, wären, unter diesen Bedingungen, ohne präcise Bedeutung, selbst dann, wenn diese Analysen constante Resultate ergeben hätten. Nun hat aber bei P. Bert's Versuchen gerade das Gegentheil stattgefunden: Er ist selbst genöthigt einzugestehen (p. 666), dass er „Thiere gesehen, welche normaler Weise bei normaler Druckhöhe mehr Sauerstoff im Blute hatten, als andere bei 10 Atmosphären.“ — Ist die Thatsache richtig, d. h., resultirt die Verschiedenheit der Sauerstoffmenge nicht aus der Mangelhaftigkeit der von unserem Autor in Gebrauch gezogenen Analysirungmethoden, welches Interesse bieten alsdann alle seine Versuche mit den Blutanalysen bei den unter hohe Drucke versetzten Thieren? Läge dasselbe etwa in dem Beweise, dass die Sauerstoffmenge unter den sehr hohen Drucken sehr langsam zunimmt? aber man wusste ja dieses schon längst vor P. Bert's Arbeiten. Die Thatsache war längst bekannt und besonders erhärtet durch die Versuche in vitro, welche von Gréhant zu dem Zwecke angestellt worden waren, um die Sauerstoffmengen zu bestimmen, welche bei den verschiedenen barometrischen Drucken das aus den Gefässen entnommene Blut absorbiren kann, Versuche, welche — man weiss nicht warum — sich in P. Bert's Buch verirrt haben (S. 686 und die folgenden).

Oder wäre das an diese Versuche sich knüpfende Interesse in der Bestimmung der Gründe zu suchen, aus welchen der Tod der Hunde erfolgt, wenn man sie hohen Drucken unterwirft? Das aber ist es ja gerade, was P. Bert in dem, den in Rede stehenden Untersuchungen

gewidmeten, Kapitel anzugeben versäumte. Er fügt freilich hinzu, dass „der Rest der Geschichte (?) dieser verreckten Hunde (S. 659) sich im VII. Kapitel verzeichnet findet.“ Aber auch diese posthumen Memoiren dieser Thiere schweigen ebenso beharrlich über die Ursache ihres vorzeitigen Todes.

Kurz, es war vergebens, dass P. Bert zur Analyse der Blutgase seine Zuflucht nahm; weit davon entfernt, über die Frage Licht zu verbreiten, hat er sie nur noch mehr verwirrt.

Unser Autor fühlt dieses so sehr, dass er damit beginnt, im Capitel IV die Versuche, ganz bei Seite zu lassen, welche beweisen, dass die Sauerstoffmenge bei den Hunden sehr langsam und in ebenso variabler als unbedeutender Weise zunimmt, wenn man sie hohen Drucken unterwirft; er kehrt zu der angeblichen, gelegentlich seiner Versuche an Sperlingen gemachten „merkwürdigen“ Entdeckung zurück, dass der Sauerstoff ein Gift sei. Er findet sogar, dass „dieses neue Problem, vom Gesichtspunkte des wissenschaftlichen Interesses, die Analyse der etlichen Modificationen im respiratorischen und circulatorischen Rhythmus, welche bisher von den mit der comprimirten Luft sich beschäftigenden Forschern studirt worden sind, weit hinter sich zurücklässt“.

Wir begreifen nicht recht, welches wissenschaftliche Interesse das Schicksal eines Hundes darbietet, den man in einen dunkeln Kasten sperrt und der daselbst, man weiss nicht weshalb, noch wie, umkommt, wenn man ihn einem Drucke von 20 Atmosphären aussetzt. Dahingegen haben die in der Athmung und im Kreislaufe durch Drucke von 2 bis 3 Atmosphären hervorgebrachten Modificationen, abgesehen von ihrem hohen wissenschaftlichen Interesse, auch noch eine praktische Tragweite, ebensowohl vom ärztlichen Standpunkte aus, als von dem der Hygieine der unterseeischen Arbeiter, der Luftschiffer u. s. w.

Ohne sich mit dem Nachweise zu begnügen, dass beim Verlassen der Compressionsapparate „die Sensibilität und die Intelligenz der Sperlinge nicht gelitten zu haben scheinen,“ unternimmt P. Bert neue Experimente an Fröschen und Hunden, die hohen Drucken unterworfen sind, aber Sauerstoff athmen. In den wenigen Versuchen an unter hohe Drucke versetzten Fröschen, sterben diese Batrachier rasch, „das Herz steht still“ oder „schlägt kaum,“ die Thiere sind unruhig bevor sie sterben, und haben einige Convulsionen, woraus unser staunenswerther Experimentator den Schluss zieht, „es gehe aus seinen Experimenten hervor, dass der Sauerstoff nicht durch seine Einwirkung auf's Herz, auf die Nerven oder auf die Muskeln tödte“ (p. 773)! In seinen Augen tödtet der Sauerstoff den Frosch durch Lähmung des Rückenmarks; er findet den Beweis dafür in der Thatsache, „dass eine quere Durchschneidung des Rückenmarks am Rücken Bewegungen in den hinteren Extremitäten auslöse“*). Wir empfehlen dem gelehrten Professor der Sorbonne, Mitglied der Akademie der Wissenschaften und Präsidenten der Gesellschaft für Biologie, an einem Frosche folgendes Experiment auszuführen: er möge in den Schädel eines Frosches ein kleines Loch bohren und durch dieses Loch ein Zündhölzchen in den Wirbelkanal derart einführen, dass

*) Angesichts dieser unglaublichen Dinge ziehen wir es vor, wörtlich zu citiren.

das ganze Rückenmark zerstört werde; er wird überrascht sein zu beobachten, dass das Herz des Batrachiers während ganzer Stunden nach wie vor zu pulsiren fortfährt und dass der der Kreislauf in schönster Weise fortbesteht. Es ist dieses das klassische Verfahren, dessen man sich in den physiologischen Cursen für Studenten des 2. Schuljahres bedient, wenn man den Frosch immobilisiren will, um unter dem Mikroskop die Circulation in den Gefässen der Schwimmhaut und des Bauchfells zu demonstriren.

Die Experimente an den Hunden, welche reinen Sauerstoff athmen, sind noch kläglicher: Herr Bert „befestigte in der Luftröhre eine möglichst weite metallische Röhre und setzte diese mit einem etwa 30 Liter haltigen Kautschukbeutel in Communication. Der Sack befand sich neben dem Thiere und die durch die Pumpe eingetriebene Luft comprimirte Beide."

Bedarf es noch eines Hinweises auf das Fehlerhafte dieses Verfahrens? Der Hund exspirirte in denselben Beutel; folglich athmete er nicht mehr reinen Sauerstoff, sondern ein Gemenge von Sauerstoff, von beständig ausgeathmeter Kohlensäure und von Stickstoff, welchen die Lungen im Augenblicke des Versuchs enthielten. Dieses Mal entging der Fehler dem Verfasser nicht, wovon die folgenden Zeilen Zeugniss ablegen: „da in den Beutel ausgeathmet wurde, speicherte sich dort Kohlensäure auf, die folglich gleichfalls im Blute sich ansammelte. Hieraus ergiebt sich, dass man das durch die Analysen gefundene Verhältniss dieses Gases nicht zu berücksichtigen hat; indessen habe ich geglaubt dasselbe im Referat über die Versuche als zum thatsächlichen Material gehörig nicht unerwähnt lassen zu müssen" (p. 776). Es gab jedoch ein recht einfaches Mittel diese gewichtige, seinen Versuchen allen Werth nehmende Fehlerquelle zu vermeiden; dasselbe hätte darin bestanden, zwischen die Luftröhre und den Beutel einen kleinen Ventilationsapparat einzuschalten, welcher der exspirirten Luft einen Ausweg neben dem Beutel gestattet hätte*). In einem oder zwei Versuchen hat er diesem Uebelstande dadurch zu entgehen gesucht, dass er im Verlaufe der von der Trachea zum Sacke gehenden Röhre ein Fläschchen anbrachte, in welchem mit Sauerstoff geladene Luft in einer Lösung von Aetzkali geschüttelt wurde (p. 776). Er vergass nur, dass, da das Fläschchen im Apparate unbeweglich blieb, kein Schütteln in demselben stattfinden konnte.

Wir halten uns bei den übrigen Fehlerquellen des Verfahrens nicht auf. Da ein Hund ungefähr anderthalb Liter Sauerstoff pro Stunde und pro Kilogramm seines Körpergewichts nöthig hat, verbrauchen Hunde, die 12—15 Kgr.**) wiegen, bei normalem Drucke, in der Stunde 20 bis 40 Ltr. Sauerstoff und selbst mehr. Anfangs enthielt die in dem 30 Ltr. fassenden Beutel befindliche Luft circa 75% Sauerstoff. Es ereignete sich häufig, dass nach dem Experiment der Beutel noch gegen 70% Sauerstoff enthielt; die Menge der in dem Beutel enthaltenen Luft wird nie-

*) In unseren analogen Versuchen bedienten wir uns der Müller'schen Flaschen.

**) Bei den Hunden grossen Wuchses hält P. Bert es für überflüssig, das Gewicht vorzuführen; dagegen verzeichnet er Thatsachen von solcher Wichtigkeit wie z. B. „kurzgeschorenes Haar" u. dgl.

mals angegeben. Man fragt sich in diesem Falle: war das, was P. Bert seine Hunde einathmen liess, wirklich Sauerstoff*)? Es wird erlaubt sein, dieses zu bezweifeln, und die Zunahmen der Sauerstoffmengen, welche der Vf. im Blute bei zunehmendem Drucke gefunden zu haben versichert, erscheinen uns um so verdächtiger, als wir die Mangelhaftigkeit seiner Methoden der Analyse kennen und die Steigerungen in der Oxygenirung des Blutes kaum diejenigen übertreffen, welche man während der einfachen Druckerhöhung beobachtet.

Uebrigens liess P. Bert in allen diesen Experimenten, in welchen er die Thiere unter hohem Drucke befindlichen Sauerstoff einathmen zu lassen glaubte, in der That eine an Kohlensäure sehr reiche Luft einathmen; den Beweis dafür liefert nicht nur seine Methode selbst, sondern auch das erhaltene Resultat: während die Sauerstoffmenge in dem Blute, welches einem unter einem Drucke von 7—10 Atmosphären athmenden Hunde entzogen worden war, nur sehr wenig zugenommen hatte, zeigte sich die Kohlensäuremenge in ebendemselben Blute verdreifacht und vervierfacht; sie erreichte 65 bis 72 und selbst 92.

Mehrmals fügt übrigens H. Bert selbst hinzu: „Blut nicht recht roth", „Blut sehr schwarz" (S. 783). Und, wer sollte es glauben, dieses Blut ist es, welches er als mit Sauerstoff bis zur „Intoxication" gesättigt bezeichnet!

Wir haben noch mit einigen Worten der Zufälle zu gedenken, welche P. Bert bei den seinen Experimenten unterworfenen Hunden beobachtet hat: Am auffallendsten erschienen ihm die sehr heftigen tonischen und clonischen Krämpfe, die in dem Augenblicke beobachtet wurden, wo man das Thier nach der Entlastung aus dem Apparate entfernte, und sodann deren Tod. Nicht uns gebührt es, die in den Versuchen des P. Bert eingetretenen Zufälle zu erklären. Es genügt uns, bewiesen zu haben, dass Nichts berechtigte, dieselben einem Ueberschusse von Sauerstoff zuzuschreiben. Darf man übrigens darüber staunen, dass Thiere, welche bis zu 92% CO_2 in ihrem Blute führen (d. h. 92 Cc. CO_2 in 100 Cc. Blut bei 0° und 76 Druck), unter Convulsionen verenden, wenn man bedenkt, ein wie heftig wirkendes Erregungsmittel die Kohlensäure für die Nervencentra ist? H. Bert, der hiervon offenbar nichts weiss, versichert im Gegentheil, dass CO_2, indem sie sich im Organismus aufspeichert, daselbst eine sehr ausgesprochen anästhesirende Rolle spielt, aber solche Versicherungen werden einem jeden mit der Physiologie auch nur halbwegs Vertrauten ein Lächeln abnöthigen.

Den Opfern der Versuche P. Bert's fehlte es übrigens nicht an tausend anderen Gründen, um unter mehr oder weniger heftigen Convulsionen vom Leben zum Tode befördert zu werden; namentlich genügte schon die plötzliche Entlastung, um ihr vorzeitiges Ende zu erklären. Alle Autoren, welche die Wirkung hoher Drucke auf den Organismus studirt haben, bestätigen dass es die plötzliche Entlastung ist, welche die allergefährlichsten Zufälle und selbst den Tod herbeiführt. Lange vor Bert**) hat Prof. Hoppe-Seyler bewiesen, dass diese Zufälle durch

*) Siehe weiter unten unsere Versuche mit Sauerstoff!

**) Schon Mermod hat Herrn Bert auf die Thatsache aufmerksam gemacht, dass 16 Jahre vor ihm Hoppe-Seyler die Ursache des durch plötzliche Entlastung

das Freiwerden der Blutgase, welche die Gefässe anfüllen und bis ins Herz vordringen, verursacht werden.

Es ist wahr, dass H. Bert nicht dieselben Convulsionen bei den unter hohe Drucke versetzten Hunden beobachtet hat, wenn diese, anstatt comprimirten O (oder vielmehr CO_2) zu athmen, nur gewöhnliche Luft athmeten. Aber er übersieht einen kleinen Umstand, welcher, selbst abgesehen von der Kohlensäurevergiftung, über diesen Unterschied vollen Aufschluss giebt.

In den ersten Versuchen entlastete P. Bert sehr allmälig, oft 30 Minuten hindurch, während in der 2. Versuchsreihe die Entlastung nicht länger als 2—5 Minuten währte. Diese Eile war durch die geringe Capacität des Sauerstoffbeutels bedingt. Und was geschah, wenn einmal zufälligerweise in dieser 2. Reihe die Entlastung langsam vor sich ging? Hören wir den Experimentator selbst (Exp. 282, S. 781): „Ich will rasch entlassten, aber der Cautschukbeutel legt sich vor die Oeffnung und die Entlastung erreicht, nachdem sie um 4 Uhr 40 Min. begonnen, erst um 5 Uhr 45 Min. ihr Ende (d. h. sie hat 65 Minuten gewährt). Das Thier lässt weder Convulsionen noch Zittern wahrnehmen, seine Temperatur beträgt 36°." Auch stirbt dasselbe nicht. Dieses Experiment ist auch noch von einem anderen Gesichtspunkte aus sehr bemerkenswerth, und wäre P. Bert nicht durch seine Sucht paradoxe Thatsachen zu entdecken, geblendet, so würde sie allein genügen, um ihm den wahren Grund der von ihm beobachteten Zufälle klar zu machen. Er hat zu Anfang des Versuchs „einige Stücke Aetzkali" in den Sauerstoffbeutel eingeführt. In Folge dessen ist die Ansammlung von CO_2 eine viel geringere gewesen, als in den übrigen Versuchen: von 33,7 bei normalem Drucke hat die Kohlensäure 56,5 bei 3½ Atmosphären erreicht. Dagegen ist der Sauerstoff von 20,9 bis 27,5 gestiegen. Es ist dieses die rascheste Steigerung, die P. Bert während seiner Versuche beobachtet hat, und nichtsdestoweniger hatte dieselbe weder Convulsionen, noch Zittern, noch Tod zur Folge!

Wie sieht er, nach allem dem, nicht ein, dass es die CO_2 un die plötzliche Entlastung sind, welche in seinen Versuchen die Todesfälle herbeiführen? Wie beharrt er dabei, den Sauerstoff, das Princip alles Lebens, anzuklagen, ein grässliches Gift zu sein*)?

Zu Anfang dieses Capitels haben wir die Versuche des P. Bert mit dem Beginnen eines Forschers verglichen, der etwa 50 Kilogr. Fleisch in den

---

eintretenden Todes und die Hauptursache der Berge-Krankheit entdeckt hatte, aber P. Bert zieht sich aus der Schlinge, indem er erklärt, dass diese Prioritätsfragen „immer nur ein mittelmässiges Interesse darbieten" (1158). Wir glauben gern, dass er diesen Fragen kein sonderliches Interesse zuwendet. Sonst hätte er nicht Entdeckungen von der Art derjenigen zu machen sich erlaubt, welche er am 9. Juni d. Js. der Gesellschaft für Biologie mitgetheilt hat: unser Professor entdeckt, dass während der Abkühlung der thierische Organismus mehr Wärme erzeugt, als während er erhitzt ist. Diese elementare und seit einer langen Reihe von Jahren durch alle Handbücher der Physiologie sich hinschleppende Thatsache frappirt unsern Prof. der Physiologie dermaassen, dass er nicht ansteht, sie für paradox zu erklären!

*) Offenbar sind es die schönen Experimente Prof. Pasteur's über die Gährung das Leben ohne Luft, welche, von P. Bert missverstanden, diesen zu seinen unseligen Irrthümern verleitet haben.

Magen eines Hundes einzuführen versuchen würde, und nachdem er letzteren der Suffocation oder einer Magenruptur habe erliegen sehen, aus diesem Ereigniss schlösse, dass das Fleisch für den Organismus ein Gift sei. Im Grunde ist diese Parallelisirung nicht einmal ganz zutreffend, denn, wie wir gesehen haben, war es nicht Sauerstoff, sondern vor Allem Kohlensäure, welche H. Bert gewaltsam in das Blut der Thiere einführte. Richtiger wäre es also ihn Jemandem zu vergleichen, der, nachdem er 10 Kilo Fleisch und 40 Kilo Steine in den Magen eines Hundes eingeführt, aus dessen Tode auf giftige Eigenschaften des Fleisches würde schliessen wollen.

Capitel II.

Unsere eigenen Versuche.

Ganz indirekt sind wir dazu veranlasst worden, uns mit der Wirder hohen Drucke auf den thierischen Organismus zu beschäftigen. Indem wir unsere Untersuchungen*) über die reflectorischen Wirkungen der sensiblen Nerven auf die vasomotorischen Nerven weiter verfolgten, haben wir uns genöthigt gesehen, die Modificationen zu studiren, welche diese Wirkungen erleiden, wenn die Centra der vasomotorischen Nerven dem Einflusse einer hohen Spannung des im Blute enthaltenen Sauerstoffs ausgesetzt werden.

Einige Worte werden das Interesse, welches diese Frage für uns haben musste, erläutern.

Beim Studium der inneren Mechanismen, welche es den sensiblen Nerven gestatten, eine so überwiegende Einwirkung auf die vasomotorischen Centra und durch deren Vermittelung auf den gesammten Kreislauf auszuüben, haben wir feststellen können, dass die Natur dieser Einwirkung zum grossen Theil von dem physiologischen Zustande abhängt, in welchem diese Centra in dem Augenblicke, wo die Erregung der sensiblen Nerven auf sie einwirkt, sich befinden. So z. B. haben wir beobachtet, dass nach der Abtragung der Hemisphären, die reflectorische Einwirkung der sensiblen Nerven auf die Gefässnerven ihren Charakter vollständig ändert; anstatt eine Erregung dieser Centra und folglich eine Verengerung der Gefässe herbeizuführen, bewirkt diese Reizung nur eine Lähmung der ersteren und eine allgemeine Erweiterung der letzteren. Bei den durch Chloral narcotisirten Thieren wird die reflectorische Einwirkung der Gefühlsnerven auf das Gefässsystem ganz in derselben Weise modificirt.

Unsere Theorie der mässigenden und hemmenden Wirkungen des Nervensystems (siehe oben), beruht zum grossen Theil auf Beobachtungen dieser Art, welche mit verschiedenen analogen, von uns im Ver-

---

*) Siehe das Genauere in unseren vorhergehenden Abhandlungen: A: Ueber die Einwirkungen der sensiblen Nerven auf die vasomotorischen Nerven. B: Hemmungen und Erregungen im Centralnervensystem der Gefässnerven. C: Zur Lehre von der reflectorischen Erregung der Gefässnerven. D: Zur Physiologie des Gefässnervencentrums.

laufe unserer Versuche über die Herznerven beobachteten Thatsachen in in Parallele gebracht worden waren und namentlich mit dem schon von Schelske angegebenen interessanten Phänomen, dass die Natur der moderirenden Thätigkeit des Nervus vagus sich vollständig ändert, wenn das Herz unter dem Einflusse höherer Temperaturen zu schlagen aufhört.

Wir wollen nicht an die lebhafte Polemik erinnern, welche Prof. Heidenhain und dessen Schüler gegen unsere Beobachtungen bezüglich der Modificationen erhoben, wie sie z. B. die durch Chloral bewirkte Narkotisirung in den Charakter der reflectorischen Wirkungen der sensiblen auf die vasomotorischen Nerven hervorbringt. Wir haben um so weniger Veranlassung bei dieser Controverse zu verweilen, als einige Jahre später unser geehrter Gegner offenherzig das Unbegründete seiner Einwürfe eingestanden, sowie den wahren Grund angegeben hat, um dessentwillen seine Untersuchungen und die unsrigen scheinbar widersprechende Resultate ergeben hatten.

Wir beschränken uns auf die Bemerkung, dass wir schon in unserer letzten, im Jahre 1874 (s. oben) an Prof. Heidenhain gerichteten Antwort die Ergebnisse zahlreicher Untersuchungen geschildert haben, die an Thieren vorgenommen worden waren, bei welchen wir durch künstliche Mittel die Spannung des Sauerstoffs im Blut zu steigern gesucht hatten.

Da die Steigerung der Kohlensäurespannung oder die Abnahme der Sauerstoffspannung im Blute den den Gefässnerven-Tonus unterhaltenden Normalreiz bildet, wie es der rhythmische Wechsel dieser beiden Spannungen ist, welche die zum ersten Mal von Traube beobachteten rhythmischen Schwankungen verursacht, war es für die Stütze unserer Theorie von allerhöchstem Interesse die reflectorischen Wirkungen der sensiblen Nerven auf die vasomotorischen Centra während des apnotischen Zustandes des Thieres zu studiren, d. h., während der durch eine Verminderung der Kohlensäurespannung oder durch eine Steigerung der Sauerstoffspannung bedingten momentanen Aufhebung der tonischen Erregung dieser Centra.

Da es uns nicht geglückt war, durch forcirte Sauerstoffinsufflationen bei den Thieren einen apnotischen Zustand von für unseren Zweck hinreichender Dauer zu erzielen, entschlossen wir uns, diese im Jahre 1874 unterbrochenen Untersuchungen mit wirksameren Druckapparaten wieder aufzunehmen.

Dies waren die Gründe, die uns veranlassten, die Modificationen, welche durch hohe Drucke im Kreislauf und in der Athmung hervorgerufen werden, einer näheren Untersuchung zu unterwerfen; wir stellten unsere betreffenden Beobachtungen im Laboratorium der Sorbonne an und benutzten dabei dieselben Apparate, welche zu Herrn Bert's Versuchen gedient hatten*).

Die erste Reihe unserer Experimente wurde an Kaninchen ausgeführt, die im grossen Apparate (Siehe S. 631 des Bert'schen Buches)

*) Wir haben ein kurzes Resume unserer Untersuchungen in der Sitzung vom 27. August 1878 der Association française pour l'Avancement des Sciences und in den Comptes rendus des 20. Februar 1882 mitgetheilt (s. oben).

untergebracht waren. Wir schlossen uns im Apparate ein, mit allen Instrumenten, die zur Ausführung der Experimente über die Circulation mit Erregung der Nerven erforderlich waren. Ausserdem waren wir mit einem grossen Sauerstoff-Beutel ausgerüstet, welchen wir mit der Luftröhre des Kaninchens mittelst des Mueller'schen Ventilators in Communication setzten. Der Druck konnte in diesem Apparate nicht über zwei Atmosphären gesteigert werden. Abgesehen von einer sehr lästigen Hitze und von den Sensationen sui generis im Ohre (von welchen es übrigens leicht gelang, durch Schlingbewegungen uns zu befreien) empfanden wir während unseres Aufenthaltes im Apparate keinerlei Behinderung, so dass wir sämmtliche durch das Experiment erforderten operativen Manipulationen ungestört ausführen konnten. Ein Registirungsapparat und ein Quecksilber-Manometer waren im Innern der Compressions-Kammer angebracht. Obgleich wir sehr eingeengt waren, liessen sich die Versuche mit ziemlicher Leichtigkeit ausführen.

Die Steigerungen, sowie die Verminderungen des Druckes wurden so langsam als es die Einrichtung der pneumatischen Kammer zuliess, ausgeführt: im Interesse unserer Untersuchungen vermieden wir sorgfältig alle unnützen Complicationen.

Gleich die ersten mit Compression gewöhnlicher Luft angestellten Versuche überzeugten uns von der Unmöglichkeit, mit zwei Atmosphären das vasomotorische System hinreichend zu modificiren, um uns einen Schluss auf gesteigerte Sauerstoffschwängerung des Blutes zu gestatten. Das Kaninchen schien durch die Erhöhung des atmosphärischen Druckes nicht allzu belästigt zu sein; im Gegensatze zu dem Ausspruche mancher Aerzte, welche schon bei sehr leichten Drucksteigerungen bedeutende Kreislaufs- und Athmungsalterationen beobachtet zu haben behaupten, war es uns nicht vergönnt namhafte Veränderungen auch nur in den Rhythmus der Herzschläge und der respiratorischen Bewegungen zu constatiren. Abgesehen von den Schwankungen, welche der Blutdruck in Folge der recht heftigen, von den Thieren im Beginne der Luftverdichtung ausgeführten Bewegungen darbietet, zeigt das Manometer keinerlei namhafte Differenz zwischen den Höhen des Blutdruckes während des gewöhnlichen barometrischen Druckes und desjenigen zweier Atmosphären.

Dieses erscheint auffallend, wenn man die Manometer-Angaben mit den durch die directe Inspection der peripheren circulatorischen Apparate gewonnenen Resultaten vergleicht. So beobachtet man, in dem Maasse als der barometrische Druck zunimmt, eine schon dem unbewaffneten Auge erkennbare Verengerung der peripheren Gefässe. Die Haut und die Schleimhaut erbleichen, das Ohr wird fast blutleer. Auf den ersten Blick scheint dieses Sichzurückziehen des Blutes von der Peripherie nach den Körperhöhlen den im Innervationszustande des Gefässsystems eingetretenen Veränderungen zugeschrieben werden zu müssen: eine rein mechanische Wirkung der comprimirten Luft erscheint unter den Bedingungen, unter welchen das Experiment stattfindet, unzulässig, da ja das Gesammtthier denselben Druckveränderungen unterworfen ist. Wie indessen könnte man einen solchen Wechsel in der Innervation des Gefässsystems mit der Constanz des arteriellen Druckes in Einklang bringen? Man weiss, mit welcher Genauigkeit eine jede durch Zu-

nahme der Hindernisse herbeigeführte Verengerung der kleinen Gefässe in einer Steigerung des manometrischen Druckes ihren Ausdruck findet. Offenbar müsste diese Verengerung, wenn sie aus der Steigerung des barometrischen Druckes auf die vasomotorischen Centra resultirte, eine allgemeine sein, d. h., auch auf die Gefässe der Bauchhöhle sich ausdehnen. Das Ausbleiben einer jeglichen barometrischen Schwankung in unserem Experimente zeigt dagegen an, dass die beobachtete Verengerung sich nicht über die peripheren Gefässe hinaus erstreckt; mit einem Worte, wir haben es mit einer rein mechanischen Wirkung der Compression zu thun. Muss es uns wundern, dass eine solche partielle Compression möglich sei? Keineswegs. Die Elasticitätsunterschiede zwischen den verschiedenen Geweben sind zur Erklärung dieses Phänomens vollkommen ausreichend. Irren wir nicht, so hat schon Prof. Panum darauf aufmerksam gemacht, dass der Unterschied zwischen der Elasticität der Lungen und derjenigen der Bauchwandungen Störungen im Organismus hervorrufen müsse, wenn man diesen einem hohen Barometerdrucke aussetze. Das Gehörsphänomen, welches man an sich selbst wahrnimmt, beweist ja schon, dass das Gleichgewicht der Drucke in den verschiedenen Körpertheilen sich nicht gleich vom ersten Moment an ganz von selbst herstellt.

Wir müssen folglich annehmen, dass die Verengerung der peripherischen Gefässe eine rein mechanische Wirkung ist. Wenn der erhöhte Widerstand, welchem das Blut in Folge dieser Verengerung begegnen muss, keine Steigerung des Blutdruckes herbeiführt, so kann dieses nur von der durch eine geringe Erweiterung der Unterleibsgefässe zu Stande gebrachte Compensation herrühren. Die Widerstände verringern sich im tiefen Gefässsystem in demselben Maasse, als sie sich im peripherischen steigern. Compensationen dieser Art sind sehr häufig*) im circulatorischen System, und sie genügen vollkommen um den Blutdruck im Gleichgewicht zu erhalten.

Es sei uns gestattet im Vorübergehen eine Schlussfolgerung zu verzeichnen, zu welcher diese Experimente Veranlassung boten, und welche die Entstehungsursache der Blutextravasate betrifft, die man häufig, nachdem starke barometrische Drucke auf die Thiere eingewirkt, in den Schädelknochen, in den Hüllen des Gehirns und vielleicht in diesem selbst constatirt. Unserer Ansicht nach sind diese Störungen lediglich eine Folge davon, dass, bei den speciellen Circulationsbedingungen innerhalb der Schädelkapsel, das Gleichgewicht im Blutdrucke daselbst nicht rasch genug zu Stande kommen kann, um einer Gefässzerreissung vorzubeugen. Diese Blutergüsse sowie die übrigen Störungen der Gehirncirculation würden schon an sich allein die zahlreichen von P. Bert während seiner Versuche beobachteten schlimmen Zufälle (Convulsionen, Lähmung etc.) erklären und zwar völlig unabhängig von allen Wechseln in der Zusammensetzung der Blutgase.

Erst wenn wir, auf der Höhe von zwei Athmosphären, die von dem Kaninchen geathmete gewöhnliche Luft durch Sauerstoff ersetzen, begann das Manometer Aenderungen im Blutdrucke, sowie gleichzeitig im Rhyth-

*) Man vergleiche oben: Die Geschwindigkeit des Blutstroms in den Venen.

mus der Herzschläge anzugeben. Der Druck sank von 70 auf 50, die Herzschläge wurden viel frequenter, die Athmung verlangsamte sich. Was uns gleich anfangs bei diesen Versuchen auffiel, war, dass die Steigerung der O-spannung nicht namhafter den Blutdruck herabsetzte. Nach den Ergebnissen unserer früheren Beobachtungen hatten wir erwartet, diesen um mehr als die Hälfte sinken zu sehen. Unseren Voraussetzungen nach musste die Verringerung der Kohlensäurespannung, indem sie den Haupterreger der vasomotorischen Centra schwächt, einen der Durchschneidung des Marks unterhalb dieser Centra oder derjenigen der Nervi splanchnici analogen Effect hervorbringen. Das Blut, hellroth selbst in den Nerven, bekundete durch die Farbe allein seinen Reichthum an Sauerstoff. Indessen erhielt sich der Blutdruck noch auf beiläufig 100 Mm., d. h. er blieb höher als wir ihn während der mit Hülfe der gewöhnlichen Vorrichtung zur Bewerkstelligung künstlicher Respiration ausgeführten Sauerstoff-Einblasungen beobachtet hatten. Es war unmöglich diese Erscheinung anders zu erklären als durch den soeben besprochenen, auf die peripherischen Körpergefässe ausgeübten Druck. Die Verengerung, oder vielmehr die Abflachung dieser Gefässe, erzeugt im circulatorischen System Widerstände, welche durch die lähmende Wirkung der Sauerstoff-Ueberladung des Blutes zum Theil neutralisirt werden.

Was den Einfluss des hohen Druckes auf die Herzschläge anbelangt, so haben wir ihn so gefunden, wie unsere früheren*) Versuche über die Wirkung der Blutgase es uns erwarten liessen; die Verminderung der Co_2-Spannung und die Steigerung der O-Spannung wirken beide in einer und derselben Richtung, die Erstere indem sie die Thätigkeit der Hemmungsnerven des Herzens schwächt, die Letztere indem sie diejenige der beschleunigenden Nerven anspornt; es resultirt hieraus eine sehr namhafte Beschleunigung der Herzthätigkeit. Die Frequenz der Pulsationen stieg in manchen Fällen um mehr als ein Drittel. Weit davon entfernt abzunehmen, wie es zu geschehen pflegt, wenn die Erregung der beschleunigenden Nerven für sich allein Platz greift, bleibt die Amplitude der Herzschläge dieselbe und steigerte sich oft ein wenig, woraus klar hervorgeht, dass die in unseren Experimenten beobachtete Beschleunigung in der That beiden von uns so eben angedeutenden Ursachen ihre Entstehung verdankte. Die Athmung, wie man das erwarten musste, wurde seltener und oberflächlicher, sobald das Kaninchen Sauerstoff unter erhöhtem Drucke zu athmen begann.

Während das Thier sich in dem oben beschriebenen Zustande befand, war es nicht leicht die Wirkung der sensiblen Nerven auf die vasomotorischen Nerven zu beobachten. Die Kleinheit der Verdichtungs-Kammer gestattete es nicht einen Gehilfen einzuführen, und ebensowenig die zur

*) Der Einfluss der Kohlensäure und des Sauerstoffes auf das Herz, siehe oben. Die von uns schon damals erhaltenen Resultate sind 12 Jahre später durch die Untersuchungen Ferdinand Klug's über die Wirkung der Blutgase auf das Herz der kaltblütigen Thiere (du Bois-Reymond's Archiv, 1879) in allen Punkten bestätigt worden; ganz kürzlich hat dieser Physiologe in demselben Archiv analoge Versuche über das Herz der Warmblüter veröffentlicht, und die von ihm erlangten Hauptresultate sind mit denjenigen unserer letzten Versuche, von denen ein kurzes Resumé

künstlichen Respiration erforderlichen Vorrichtungen daselbst unterzubringen; wir sahen uns also genöthigt, auf eine Curare-Vergiftung zu verzichten. Nun aber weiss man wie schwierig es ist, die isolirte Wirkung der Erregung der sensiblen Nerven auf die vasomotorischen Centra zu beobachten, wenn man das Versuchsthier nicht durch Narcotisirung hat immobilisiren können: die Zuckungen der Körpermuskeln führen auf mechanischem Wege eine Erhöhung des Blutdrucks herbei, welche sehr oft die von den Veränderungen im physiologischen Zustande der vasomotorischen Centra herrührenden feineren Schwankungen dieses Druckes maskirt.

Trotz dieser Schwierigkeit ist es uns gelungen, auf das Allersicherste festzustellen, dass die Reizung eines gewöhnlichen sensiblen Nerven (N. ischiadicus oder N. tibialis) bei einem Kaninchen, welches unter einem Drucke von ungefähr zwei Atmosphären, reinen Sauerstoff athmet, constant ein Sinken des Blutdruckes, anstatt des unter normalen Verhältnissen beobachteten Steigens, erzeugt. Dieses Sinken ist immer das erste Anzeichen einer durch die Erregung des Gefühlsnerven bewirkten Druckänderung; es stellt sich unmittelbar nach Beginn der Erregung ein, und man kann es stets bemerken lange bevor die heftigen Convulsionen des Thieres ihre Wirkung entfalten. Uebrigens ereignet es sich sehr selten, dass diese Muskelbewegungen eine Erhöhung des Blutdruckes zu Wege bringen, die hinreichend beträchtlich wäre, um den vor Erregung der Nerven bestehenden anfänglichen Druck zu übersteigen.

Das Ergebniss des Versuches hat also unsere Voraussetzungen vollkommen gerechtfertigt, namentlich bestätigt, dass, wenn die normale Erregung der vasomotorischen Centra in Folge des theilweisen Verschwindens des normalen Erregers (CO_2) in namhafter Weise schwächer wird, die reflectorische Wirkung der sensiblen auf die vasomotorischen Nerven ihren Charakter ändert, d. h. ihre Erregung verringert anstatt sie zu steigern.

Von diesem Gesichtspunkte aus ist das an den mit Sauerstoff gesättigten Kaninchen erhaltene Resultat identisch mit demjenigen, welches an dem durch Chloral narkotisirten Hunde und an dem seiner Hemisphären beraubten Kaninchen erhalten wurde.

Einem leicht begreiflichen Gedankengange folgend, haben wir ermitteln wollen, ob dieselben Einflüsse irgend eine Wirkung ausüben könnten auf die Reflex-Phänomene, welche durch denjenigen unter den sensiblen Nerven hervorgebracht werden, dessen constante Funktion darin besteht, die tonische Erregung der vasomotorischen Centra zu modificiren, wir meinen den Nervus depressor. A priori war nicht anzunehmen, dass die Thätigkeit dieses Nerven mit der Verringerung des Tonus der Nerven-Centra sich ändern würde, was übrigens vom Standpunkte unserer die Natur der Hemmungswirkungen betreffenden Hypothese durchaus über-

---

in den Comptes rendus vom 20. Februar 1882 erschienen ist, identisch. Unsere Arbeiten scheinen der Aufmerksamkeit Klug's entgangen zu sein, da er ihrer nirgends Erwähnung thut. Mit folgenden Worten characterisirten wir im Jahre 1873 die Wirkung der Blutgase auf das Herz: „Der Sauerstoff erregt die Thätigkeit der Bewegungsganglien und schwächt die Thätigkeit der Hemmungsganglien; die Kohlensäure lähmt die Thätigkeit der Bewegungsganglien und erregt die Thätigkeit der Hemmungsganglien" (Le coeur et le cerveau. Revue Scientifique 1873). Die späteren Experimente Klug's haben nichts anderes bewiesen.

flüssig wäre. Höchstens konnte man erwarten, dass, wenn einmal in Folge einer Verringerung der tonischen Erregung der vasomotorischen Centra der Blutdruck beträchtlich vermindert wäre, die Thätigkeit der depressorischen Nerven nicht mehr würde ausgeübt werden können, d. h. dass ihre Erregung keine Wirkung auf diese Centra hervorbringen würde.

Es ist uns nicht gelungen, diese Frage mit hinreichender Sicherheit aufzuklären, um uns über einen Gegenstand so heikeliger Natur und von so beträchtlicher theoretischer Tragweite mit Bestimmtheit aussprechen zu können. Zwar ist es uns einmal bei einem durch Sauerstoffinhalationen unter einem Drucke von zwei Atmosphären apnoetisirten Kaninchen begegnet, im Gegensatze zu dem was wir erwartet hatten, durch die Erregung des N. depressor, anstatt eine Verminderung, eine merkliche Steigerung des Blutdruckes hervorgerufen zu sehen. Doch dürfen wir diesem Versuche keinerlei bestimmte Bedeutung beimessen, da der Fall vereinzelt dasteht und überdies das Thier nicht curarisirt worden war.

Mit Ausnahme dieses Falles, haben wir niemals Gelegenheit gehabt die vollständige Unwirksamkeit der Erregung des Depressors zu beobachten. Auch hat, wie wir es oben ausgesprochen haben, die Verringerung des Druckes, mit anderen Worten, die Paralyse der vasomotorischen Centra niemals, während dieser Versuchsreihe, einen Grad erreicht, der hingereicht hätte, um diese Eventualität zu einer unvermeidlichen zu machen.

Da wir mit dem Drucke von zwei Atmosphären den für das uns vorschwebende Ziel erforderlichen Grad von Apnoe nicht hatten erreichen können, mussten wir zu höheren Drucken unsere Zuflucht nehmen. Die complicirte Wirkung, welche der barometrische Druck auf den Organismus ausübt, hatte auch den Wunsch in uns erweckt, seinen Einfluss auf wenigstens einige Functionen, wie z. B. auf Athmung und Kreislauf einem genaueren Studium zu unterziehen. Zu diesen Untersuchungen haben wir uns des oben beschriebenen Bert'schen Apparates bedient, welcher es möglich machte, das Thier höheren barometrischen Drucken auszusetzen. Der Leser weiss bereits, wie sehr dieser Apparat mangelhaft war; in folgender Weise haben wir seine Fehler, wenigstens theilweise corrigirt.

Der erste und Hauptfehler bestand darin, dass das in diesem Eisencylinder eingeschlossene Thier während der ganzen Versuchsdauer den Blicken des Experimentirenden vollständig entzogen blieb. Man konnte es somit nur vor und nach dem Experiment beobachten. Nun haben wir aber schon oben gesehen, zu welchen sonderbaren Irrthümern ein solches Experimentiren führen konnte. Wir haben uns also entschlossen, die Arterie des Thieres in Communication zu setzen mit einem Manometer, welcher ausserhalb des Cylinders angebracht war, und an welchem wir während der ganzen Dauer des Versuches, die in dem circulatorischen Apparate vor sich gehenden Veränderungen beobachten konnten. Das Manometer gestattete uns auch, die Respirationsschwankungen indirect zu überwachen, und zwar vermöge Beobachtens der Modificationen, welche die Respirationswellen des Blutdruckes erleiden*). Ausserdem hatten

*) Vergl. hinsichtlich des Ursprungs dieser Wellen oben, S. 143.

wir unsere Maassregeln getroffen, um während des Experimentes mehrere Nerven des Thieres der elektrischen Erregung unterwerfen zu können.

Dem ausserhalb des Verdichtungsapparates angebrachten Manometer musste natürlich eine den beabsichtigten Drucken entsprechende Höhe gegeben werden. Von Anbeginn dieser Versuchsreihe an, sind wir bei der Wahl eines dreifachen Atmosphärendruckes stehen geblieben, zunächst aus dem Grunde, weil die noch höheren Drucke ein geringes Interesse gewähren, sodann weil die durch derartige Drucke im Organismus hervorgebrachten Modificationen schon allzu complicirt sind, als dass man sie mit der vollen erforderlichen Präcision studiren könnte.

Endlich haben wir auch gefunden, dass die Capacität des Apparates knapp die Einführung einer für die Dauer eines Experimentes mit drei Atmosphären erforderlichen Sauerstoffquantität zuliess; dieselben überschreiten wollen, hätte also soviel geheissen, als an erstickten Thieren seine Beobachtungen anstellen, wie es P. Bert gethan.

Die Construction eines Manometers, welches im Stande sein musste mehr als drei Meter Blutdruckhöhe anzugeben, bot grosse Schwierigkeiten dar, und es hat der grossen Geschicklichkeit des Herrn Alvergniat bedurft, um dieselben zu überwinden. Nicht weniger schwierig war es Verbindungen zwischen dem Manometer und der zu der Arterie führenden Oeffnung herzustellen; diese selbe Oeffnung diente Herrn Bert dazu, das Blut ausfliessen zu lassen. Nach zahlreichen Versuchen gaben wir einer Kette den Vorzug, die aus mehreren durch sehr dicke Kautschukröhren unter einander verbundenen Glasröhren bestand. Eine mittels eines feinen aber sehr starken Bindfadens hergestellte Umhüllung verhinderte das Cautschuk unter dem Drucke nachzugeben. Mehrere in diese Kette eingefügte Hähne mit je drei Ausflussöffnungen dienten zu den verschiedenen, durch diese Experimente erforderten Manipulationen. Eine der letzteren war ganz besonders schwierig. Um das Eintreten grosser Blutmengen in das Manometer-Rohr zu verhüten, benutzten wir das gewöhnliche Verfahren, welches darin besteht, den Druck des Manometers vor der Herstellung der Communication zwischen Arterie und Instrument, mit Hülfe der Lösung doppeltkohlensauren Natrons zu erhöhen; aber in unserem Experiment, wo der Druck im Innern des Apparats beständig erhöht war, gestaltete sich diese Operation zu einer der allerschwierigsten. Wir verfuhren folgendermassen. Wir machten unsere Beobachtungen am Manometer, so oft der barometrische Druck um eine viertel Atmosphäre sich gesteigert hatte. War dies geschehen, so gaben wir unseren mit drei Ausflussmündungen versehenen Hähnen eine solche Stellung, dass die Communication zwischen dem Manometer und der Arterie abgeschlossen war und dass in das Manometerrohr, mit Hülfe einer ad hoc hergerichteten Spritze, eine zur Steigerung seines Druckes um eine viertel Atmosphäre hinreichende Quantität doppeltkohlensauren Natrons eingeführt werden konnte. Auf solche Weise beugten wir dem Eintritte grosser Blutquantitäten ins Manometer-Rohr vor. Dasselbe Spiel wiederholte sich während des Entlastens, hier behufs Verhinderung eines Eindringens des Natronbicarbonats in die Arterie. Nach jeder Beobachtung brachten wir mit Hülfe des mit drei Mündungen versehenen Hahnes den Druck im Manometer um $^1/_4$ Atmosphäre zum Sinken, indem wir eine entsprechende

Menge der Natronbicarbonatlösung entfernten. Diese schon an sich grosse Präcision erfordernden Operationen waren um so schwieriger auszuführen, als sie mit grosser Geschwindigkeit gemacht werden mussten: jede Erhöhung um $^1/_4$ Atmosphäre währte nur 3—5 Minuten.

Die Schwierigkeiten dieser Experimente beschränkten sich übrigens nicht auf die Manipulationen am Manometer. Der Raummangel im Innern des Apparates erschwerte ganz ausserordentlich die gewöhnlich so einfachen Manipulationen bei Herstellung einer Communication zwischen der Arterie und den zum Manometer gehenden Röhren. Wir waren genöthigt diese Hantierungen im Dunkeln auszuführen, wobei wir ausschliesslich durch das Tastgefühl unserer Finger geleitet wurden. Handelte es sich darum, die Natronbicarbonatlösung in beide Oeffnungen der Röhren einzuführen, sie zu vereinigen und die Luft auszutreiben, die provisorische Ligatur der Arterie zu lösen, die Canüle zu befestigen, etc., so geschah alles das nach muthmasslicher Schätzung, und was das Schlimmste war, unsere beiden in den Apparat durch eine sehr enge Oeffnung eingeführten Arme waren wie eingepfercht, wie aneinander gebunden; nur die Finger vermochten sich frei zu bewegen.

Wir heben diese Schwierigkeiten lediglich in der Absicht hervor, um zu erklären, weshalb wir diese Experimente nicht noch länger fortgesetzt haben; im Ganzen sind 7 oder 8 zu Ende geführt worden, fast ebensoviele wurden unterbrochen in Folge von, sei es in den Compressionsapparaten, sei es in den Manometervorrichtungen, eingetretenen Störungen. Bei 3 oder 4 Versuchen haben wir das gute Glück gehabt uns der Unterstützung unseres Freundes, des Prof. Tschirieff, zu erfreuen. Was die übrigen anbelangt, so haben wir dieselben ganz allein ausführen müssen, und niemals haben wir ein schwierigeres Experimentiren unter weniger günstigen Umständen durchzuführen gehabt.

Um die Gefühlsnerven den electrischen Erregungen unterziehen zu können, verbanden wir sie vor Beginn der Operation mit den für die in den Höhlen gelegenenen Nerven bestimmten Electroden*); eine der Oeffnungen gestattete den Fäden den Austritt aus dem Apparate.

Das am Compressions-Apparate befestigte metallische Barometer schien uns unrichtige Werthe anzugeben; bevor wir unsere Experimente begannen, haben wir dasselbe mit Hülfe unseres Quecksilbermanometers graduirt; bei unseren Beobachtungen haben wir uns nur dieser rectificirten Angaben bedient. Der Nullpunkt unseres Manometers ist ein für alle Mal mit Hülfe eines mit Wasser angefüllten und im Innern des Apparates aufgestellten Gefässes bestimmt worden, welches mit dem Manometer vermittelst ebenderselben Röhren in Zusammenhang gebracht war, die mir später dazu gedient haben, den Blutdruck zu messen.

Natürlich war es unmöglich die Manometer-Schwankungen zu registriren. Doch bedurfte es dessen auch nicht. Trotz dem relativ beträchtlichen Quantum des Quecksilbers (eine Säule von ungefähr 1,50 m und 2 mm Durchmesser) waren seine Schwankungen so ausgesprochen, selbst bei den an Kaninchen ausgeführten Versuchen, dass man sie leicht

*) Siehe meine Methodik der physiol. Experimente u. Vivisectionen. Giessen 1876. Atlas; Taf. IV, Fig. 3 und 3a.

zählen und messen konnte. Dieses gilt ebensosehr von den vom Herzen abhängigen Schwankungen, als von den durch die Athembewegungen bedingten. Diese Letzteren waren natürlich ganz ausserordentlich gross, wenn der Druck zunahm; als Maass des Blutdrucks nahmen wir das Mittel zwischen dem Maximum und dem Minimum des Druckes bei jeder respiratorischen Bewegung.

Die beistehende, mehrere Versuche umfassende Tabelle enthält die Blutdrucke nach Abzug der Variationen, welche durch die Steigerung des atmosphärischen Druckes im Innern des Apparates herbeigeführt werden. Wir glaubten es vorziehen zu müssen, das Netto-Resultat zu geben, um den an ausserordentlich hohe Zahlen nicht gewöhnten Leser nicht zu verwirren. Doch citiren wir hier beispielsweise ein Experiment mit den Drucken, wie wir sie an der zwischen den beiden Schenkeln des Manometers befindlichen, in Millimeter eingetheilten Scala abgelesen haben.

Tabelle I.

Stunde	Barometer-Druck in Atmosphären	Maximum des Blutdruckes in Mm.	Minimum des Blutdruckes in Mm.	Pulsationen in 15 Secunden	Athemzüge in der Minute
2 Uhr 28 Min.	1	125	115	19	16
2 - 32 -	$1^1/_4$	285*)	275	22	16
2 - 35 -	$1^1/_2$	390	380	20	—
2 - 39 -	$1^3/_4$	500	485	20	—
2 - 44 -	2	645	625	20	8
2 - 47 -	$2^1/_4$	—	—	—	—
2 - 50 -	$2^1/_2$	870	865	22	8
2 - 52 -	$2^3/_4$	—	—	—	—
2 - 56 -	3	1080	1070	10	—

Um die wahren Blutdrucke zu erhalten, hatten wir von diesen Zahlen nur diejenigen abzuziehen, welche den Nullpunkten des Manometers während der betreffenden barometrischen Drucke entsprachen. Das erste Experiment in der zweiten Tabelle giebt diese reducirten Werthe der ersten Tabelle.

Ich lasse eine Tabelle folgen, welche die Ergebnisse einiger an in gewöhnlicher Luft athmenden Hunden angestellten Versuche enthält. Im Versuche 4 bezeichnen die Pfeile die Richtung, in welcher der Wechsel des barometrischen Druckes geschah; in 4a muss man also die Ziffern von unten nach oben verfolgen.

*) Der Druck ist durch Einführung der Natronbicarbonatlösung bis auf 265 Mm. erhöht worden.

Tabelle II.

Die Hunde athmen gewöhnliche Luft.

Barometerdruck in Atmosphären.	1. Experim.			2. Experim.			3. Experim.			4. Experim. ↓			4a. Experim. ↑			5. Experim.		
	Blutdruck in Mm.	Pulsationen in 15 Secunden.	Athemzüge in der Minute.	Blutdruck in Mm.	Pulsationen in 15 Secunden.	Athemzüge in der Minute.	Blutdruck in Mm.	Pulsationen in 15 Secunden.	Athemzüge in der Minute	Blutdruck in Mm.	Pulsationen in 15 Secunden.	Athemzüge in der Minute.	Blutdruck in Mm.	Pulsationen in 15 Secunden.	Athemzüge in der Minute.	Blutdruck in Mm.	Pulsationen in 15 Secunden.	Athemzüge in der Minute.
1	120	19	16	119	16	20	120	15	15	128	22	18	118	18	—	132	20	14
$1^1/_4$	90	22	16	—	16	24	110	16	—	105	23	—	100	20	15	90	25	Allzu frequent, um gezählt werden zu können.
$1^1/_2$	95	20	—	90	18	—	100	16	10	95	25	—	90	—	—	90	26	
$1^3/_4$	92	20	—	—	—	16	102	—	—	105	—	10	92	—	—	72	—	
2	115	20	8	100	17	—	120	20	12	118	26	—	110	—	—	80	22	
$2^1/_4$	—	—	—	—	19	12	75	—	—	90	—	8	90	—	—	80	—	
$2^1/_2$	95	22	8	50	—	—	90	20	—	95	20	—	110	—	—	90	22	
$2^3/_4$	—	—	—	—	15	8	85	—	8	85	—	6	85	—	—			
3	85	10	—	55	—	—	70	15	—	75	15	—	—	—	—			

Man sieht, dass der Blutdruck zu fallen beginnt, sobald die Steigerung des barometrischen Druckes $1^1/_4$ Atmosphäre übersteigt, er fährt fort langsam zu sinken, bis der atmosphärische Druck 2 Atmosphären erreicht; fast regelmässig steigt auf dieser Höhe der Blutdruck wieder, und oftmals kehrt er sogar zu seiner normalen Höhe zurück; jenseits zweier Atmosphären wird das Sinken des Blutdruckes ein rascheres; bei 3 Atmosphären ist er nahezu um die Hälfte vermindert.

Was die Herzschläge anbetrifft, so sind deren Variationen weniger regelmässig, aber im Allgemeinen vermehren sie sich allmälig mit der Steigerung des Barometerdruckes. Am beträchtlichsten ist ihre Zahl, wenn derselbe gegen 2 Atm. beträgt. In 2 Fällen ist diese Zahl bei der Annäherung an 3 Atm. um mehr als die Hälfte gesunken.

Die Athembewegungen ändern sich in entgegengesetzter Richtung. Bis zu 2 Atm. nimmt ihre Frequenz ab; über 2 Atm. hinaus ist dagegen die Veränderung eine constante: die Athemzüge werden sehr selten.

Wie man sieht, ist die Wirkung der hohen Drucke auf den Hund nicht ganz dieselbe wie die von uns bei den Kaninchen beobachtete. Die leichten Drucksteigerungen, welche beim Kaninchen noch keinerlei Aenderung im Manometerdrucke erkennen lassen, bringen beim Hunde schon eine ganz regelmässige Wirkung auf den Blutdruck hervor. Dieser Unterschied erklärt sich leicht, wenn man bedenkt, dass das vasomotorische System beim Hunde unter anderen Bedingungen als beim Kaninchen functionirt, namentlich was die Bedingungen zwischen der Darmcirculation und der peripherischen Circulation anbelangt*). Ausserdem hat man sich auch an dasjenige zu erinnern, was wir früher oben bezüglich der entgegengesetzten Einflüsse gesagt haben, die beim Kaninchen die Wirkung des Druckes auf die vasomotorischen Centra theilweise maskiren.

Viel auffallender ist die Rückkehr zum normalen Blutdrucke, welche sich fast immer zeigt, wenn der Barometerdruck 2 Atm. erreicht. Dieses

*) Siehe oben: „Die Geschwindigkeit des Blutstroms in den Venen."

Factum kann offenbar nicht von einer in der chemischen Wirkung des barometrischen Druckes auf die Blutgase eintretenden Modification herrühren, da dasselbe, wie man aus Tab. III ersieht, mit der gleichen Constanz wiederkehrt, wenn die Thiere, anstatt atmosphärischer Luft, reinen Sauerstoff athmen. Wir enthalten uns hier eines jeden Erklärungsversuches, weil es uns an einer auf hinreichend sicheren Beweisen fussenden Hypothese fehlt.

Tab. III berichtet über die Resultate der Versuche die an Hunden ausgeführt wurden, welche reinen Sauerstoff athmeten. Die Menge dieses den Hunden zur Disposition stehenden Gases betrug 25 bis 30 Liter; zwischen der Luftröhre und dem Sauerstoffbeutel waren Müller'sche Flaschen eingeschaltet; folglich vermengte sich die ausgeathmete Luft nicht mit dem zum Inspiriren dienenden Sauerstoffe.

Gleich bei den ersten Experimenten mit Sauerstoff haben wir uns davon überzeugt, dass die Quanta, über die wir verfügen konnten, nicht dazu hinreichten, um die Operation ebensolange währen zu lassen, als wenn der Hund gewöhnliche Luft athmete. Unter der Einwirkung des hohen Druckes verschwand der Sauerstoff sehr rasch. Noch bevor der Versuch beendet war und die Entlastung ihr Ende erreicht hatte, waren die Säcke schon leer; das Thier, welches man nicht rechtzeitig, behufs der erforderlichen Hilfeleistung, aus dem Apparate hatte entfernen können, ging an Erstickung zu Grunde! Unter anderen Symptomen, bewies die Beschaffenheit, der Zustand der Flüssigkeiten in den Müller'schen Flacon's den in Folge von Luftmangel eingetretenen Erstickungstod.

Um diese Uebelstände zu vermeiden, haben wir uns darauf beschränken müssen, die Druckvariationen nur während der, so rasch es die Maschinen erlaubten, vor sich gehenden Compression zu beobachten. Sobald die letzte Beobachtung bei $2^1/_2$ oder $2^3/_4$ Atm. angestellt war, decomprimirten wir mit grösstmöglicher Schnelligkeit, wobei wir, in Anbetracht der Complicirtheit der Ursachen, die Wirkungen dieser Entlastung vernachlässigten. Auf Grund unserer Beobachtungen halten wir es für unmöglich, mit 25 oder 30 Litern Sauerstoffs, einen an einem Hunde mittlerer Grösse angestellten Versuch länger als 20 oder 30 Minuten währen zu lassen.

Tabelle III.

Die Hunde athmen Sauerstoff.

Baromet.-druck in Atmosphären.	6. Experiment.			7. Experiment.			8. Experiment.		
	Blutdruck in Mm.	Herzschlg. in 15 Secunden.	Athemzg. in der Minute.	Blutdruck in Mm.	Herzschlg. in 15 Secunden.	Athemzg. in der Minute.	Blutdruck in Mm.	Herzschlg. in 15 Secunden.	Athemzg. in der Minute.
1	130	20	16	120	19	18	124	18	13
$1^1/_4$	—	—	—	80	22	—	100	—	22
$1^1/_2$	—	25	9	—	24	12	90	—	18
$1^3/_4$	100	30	—	90	—	—	—	—	10
2	50	22	8	120	31	7	110	27	8
$2^1/_4$	35	20	—	60	26	—	70	—	4
$2^1/_2$	25	—	3	40	23	4	35	20	—
$2^3/_4$	—	—	—	20	—	2	20	—	—

Der allgemeine Charakter der durch die hohen Barometerdrucke, wenn das Thier Sauerstoff athmet, in der Circulation und der Respiration hervorgebrachten Modificationen bleibt derselbe, als wenn es gewöhnliche Luft athmet; nur sind diese Modificationen sehr viel ausgeprägter. Der Blutdruck sinkt bis auf 10—15 Mm., wie nach der Durchschneidung des Rückenmarks; die Frequenz der Herzschläge steigert sich fast ums Doppelte, und die Athembewegungen werden so selten, dass man deren in der Minute kaum 2—4 zählt.

Die Erklärung dieser Modificationen bietet keinerlei Schwierigkeit dar: Indem die Spannung der Kohlensäure, dieses Haupterregers der vasomotorischen und respiratorischen Centra, im Blute abnimmt, sinkt der Blutdruck auf sein Minimum und die Athmung geräth in's Stocken. Die Herzschläge beschleunigen sich aus demselben Grunde: einerseits vermehrt sich der Sauerstoff, der normale Erreger der beschleunigenden Nerven des Herzens und der motorischen Centra dieses Organes; andererseits verschwindet die Kohlensäure, der Erreger des Vagus und der Hemmungscentra des Herzens. Beide Phänomene wirken also auf das Herz in identischem Sinne*).

Wenn in der Folge, bei einem Barometer-Drucke von circa $2^1/_2$ bis $2^3/_4$ Atmosphären die Pulsfrequenz wieder zu sinken beginnt, so liegt das offenbar an der bedeutenden Abnahme des Blutdrucks· übrigens ist diese Zahl immerhin eine höhere als im Normalzustande. Das Phänomen ist dasselbe wie während der Erregung der beschleunigenden Nerven bei einem Thiere, dessen Rückenmark oder Nervi splanchnici durchschnitten sind.

Man sieht, dass schon bei $2^1/_2$—$2^3/_4$ Atmosphären, wenn das Thier wirklich Sauerstoff (und nicht, wie in den Versuchen des Herrn Bert, ein Gemenge von Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff) athmet, die Circulation fast unmöglich wird und die Athmung fast gänzlich aufhört, und zwar aus Gründen, welche einzig und allein von der physiologischen Einwirkung des Sauerstoffs und der Kohlensäure auf die, jene beiden vitalen Functionen beherrschenden, Nerven-Centra abhängig sind. Von der giftigen Wirkung des Sauerstoffs findet sich keine Spur. Nach den Experimenten erholten sich die Thiere, trotz der relativ grossen Eile, mit welcher die Entlastung vor sich ging (5—8—10 Minuten, um von $2^3/_4$ bis 3 Atm. auf 1 Atm. zu sinken) in relativ recht kurzer Zeit, ohne auch nur einen einzigen der von Herrn Bert beschriebenen Zufälle zu erleiden.

Ein an den diese Experimente überlebenden Hunden beobachtetes Phänomen verdient hervorgehoben zu werden: man konnte aus beiden Carotiden das ganze Blut des Thieres ausfliessen lassen, sein Herz fuhr dennoch länger als eine Stunde lang fort mit beträchtlicher Frequenz zu pulsiren, die Athemzüge, obgleich sehr selten geworden, dauerten fort und die dem Verblutungstode vorangehenden Convulsionen erschienen erst 30 bis 40 Minuten, nachdem man alle bekannten Mittel, das Körperblut möglichst vollständig zu entleeren, in Anwendung gebracht hatte. Das mit Sauerstoff gesättigte Nervensystem vermag offenbar während eines gewissen

*) Siehe oben l. c.

Zeitabschnittes ohne Blut zu funktioniren, und es stirbt viel langsamer ab. Die toxische Wirkung der Kohlensäure äussert sich nur relativ recht spät bei Thieren, die man unter starken atmosphärischen Drucken hat reinen Sauerstoff athmen lassen: dieses Resultat, das zu demjenigen, welches H. Bert hat begründen wollen, im allerschärfsten Gegensatze steht, beweist auf das Schlagendste, dass der Sauerstoff an seinen Versuchsergebnissen nicht die geringste Schuld trug.

Es durfte vorausgesetzt werden, dass bis zu diesem Grade mit Sauerstoff gesättigte Thiere in ganz besonderer Weise zu unseren Untersuchungen über die von den sensiblen Nerven auf die vasomotorische Centra ausgeübte Wirkung sich eignen würden. Das Resultat solcher Experimente hat dieser Erwartung nicht entsprochen. In den Experimenten 6 und 8 haben wir den Nervus tibialis in dem Augenblicke, wo der Blutdruck auf 30 -25 Mm. fiel, der electrischen Reizung unterworfen: beidemal hat im Gegensatz zu unseren Voraussetzungen, die Reizung keine Wirkung auf den manometrischen Druck hervorgebracht; sie hat weder die im Normalzustande sich ergebende Drucksteigerung bewirkt, noch die Verringerung, welche wir beobachteten, als das Thier sich im apnoischen Zustande befand. Wir wagen keinerlei hierauf bezügliche Schlussfolgerung, da wir weder den Zustand des Thieres während dieser Reizung noch auch selbst die Bedingungen, unter welchen dieselbe statt fand, haben controlliren können.

Dieselben Gründe halten uns davon ab, über die Resultate zweier Versuche zu berichten, welche wir mit in ebendemselben Apparate eingeschlossenen Kaninchen angestellt haben, und während welcher die Reizungen der sensiblen Nerven sehr bemerkenswerthe Eigenthümlichkeiten darzubieten schienen. Um solchen Resultaten Beweiskraft zu ertheilen, müsste man die Versuchsmethoden in reichlichem Maasse verbessern; vor allem müsste der Cylinder, in welchen das Thier eingeschlossen wird, 5 6mal grösser sein, um unter anderen auch den Vortheil zu gewähren, dass die Experimente, indem man sehr grosse Sauerstoffmengen dem eingeschlossenen Thiere zur Disposition stellte, auf einen längeren Zeitraum ausgedehnt werden könnten. Sodann müsste die Construction des Cylinders eine solche sein, dass man das Thier während der ganzen Versuchsdauer beobachten könnte.

Nur unter solchen Bedingungen würden wir es für möglich halten das Studium der Wirkung hoher Drucke auf den Organismus weiter zu fördern, als wir es in den hier mitgetheilten Untersuchungen gethan haben.

Paris, im Juli 1883.

III. Physiologie der Ernährung und des Stoffwechsels.

1. Die Bildung des Harnstoffs in der Leber.

(Centralblatt für medicinische Wissenschaften 1870, No. 37.)

Die letzten Untersuchungen über den Ursprung des Harnstoffs, besonders die schönen Versuche von N. Gréhant, haben unwiderleglich dargethan, dass die Nieren keineswegs Secretions- sondern nur Excretionsorgane für den Harnstoff sind.

Einige Thatsachen schienen sogar darauf hinzudeuten, dass die Stätte der Harnstoffbildung in der Leber zu suchen sei. —

Es schien mir nicht unmöglich, Aufschluss darüber zu erhalten, inwieweit diese Hindeutungen berechtigt sind, durch die Benutzung eines Verfahrens, das in der letzten Zeit von Ludwig und seinen Schülern mit solchem Erfolge angewandt wurde: nämlich directe Versuche an der vom Körper getrennten aber in ihren Lebensbedingungen möglichst erhaltenen Leber.

Ich habe mehrere solcher Versuche auch in Gemeinschaft mit einem meiner Schüler, Herrn Istomin, ausgeführt und will hier kurz das Ergebniss dieser Versuche mittheilen.

Das Schema dieser Versuche war im Allgemeinen Folgendes: Einem nicht narcotisisirten Hunde wurde aus der Carotis das gesammte Blut entzogen, schnell defibrinirt und zum Theil in einen Apparat gebracht aus welchem es mittelst Quecksilberdruck durch die Leber geführt werden sollte. Gleichzeitig wurden in der Leber 3 Canülen, die eine in die Vena cava inferior, die zweite in die Art. hepatica und die dritte in die Vena portae eingebunden, die Leber aus der Bauchhöhle herausgeschnitten und in ein auf die Körpertemperatur erwärmtes Gefäss hineingelegt; die erste Canüle wurde mit einem, aus zwei mit Quecksilber theilweise gefüllten Cylindern bestehenden Aspirationsapparat, die zwei letzten mit den mit Blut gefüllten Gefässen in Verbindung gesetzt. Sodann begann die Durchleitung des Blutes durch die Leber. Das in den Aspirationsapparat eingeführte Blut konnte mittelst eines Verbindungsrohres in die Druckgefässe zurückgeführt werden und von dort also wieder die Leber durchströmen. Nachdem das Blut mehrere Mal die Leber durchflossen hatte wurde darin die Menge des Harnstoffs im Wesentlichen nach der Liebig'schen Methode bestimmt und mit der Harnstoffmenge einer gleichen Quantität Blutes von demselben Thiere verglichen. Die

Unterschiede in den Harnstoffmengen beider Blutarten sollten zeigen, ob Harnstoff in der Leber gebildet wird oder nicht.

Ich will hier ein Paar solcher vergleichenden Bestimmungen mittheilen:

1. Versuch. Mittelgrosser Hund. Blut nur durch die Vena portae geleitet.

100 CC.*) Blutes, das zweimal durch die Leber geleitet wurde, enthielt 0,14 Grm. Harnstoff. — 100 CC. desselben Blutes, welches nicht durchgeleitet wurde, enthielt 0,009 Grm. Harnstoff.

2. Versuch. Kleiner Hund. Blut sowohl durch Art. hepatica wie durch Vena portae geleitet.

100 CC. Blutes, das viermal die Leber passirte, enthielt 0,0176 Grm. Harnstoff.

100 CC. Blutes das einmal die Leber passirte, enthielt 0,014 Grm. Harnstoff.

100 CC. desselben Blutes, das nicht die Leber passirte, enthielt 0,008 Grm. Harnstoff.

Diese und ähnliche Versuche zeigen also, dass das Blut, indem es die Leber durchströmt, bedeutend reichhaltiger an Harnstoff wird; mit anderen Worten, dass die Leber eine Stätte für die Harnstoffbildung ist.

Man könnte gegen diese Versuche die Einwendung machen, dass das Blut einfach den in der Leber angehäuften Harnstoff ausspüle. Abgesehen von einigen Umständen, welche gegen eine solche Deutung sprechen und die ich in der ausführlichen Mittheilung auseinandersetzen werde — würde auch eine solche Deutung unserer Versuche doch zu demselben Schluss führen müssen.

St. Petersburg, den 2./14. Juli 1870.

---

2. Die Rolle der Nerven bei Erzeugung von künstlichem Diabetes mellitus**).

(Bull. de l'Acad. des Scienc. de St.-Petersbourg, 23. Februar 1871.)

Durch den Nachweis des Zuckers im Harne von Thieren, bei denen der 4. Ventrikel des Gehirns durch einen Stich verletzt war, hat Claude Bernard eine der wichtigsten und merkwürdigsten Erscheinungen der Physiologie zu Tage gefördert. Seit dieser Endeckung sind theils von Bernard selbst, theils von Anderen, besonders von Schiff, weitere Untersuchungen über den Einflsss der Nerven auf Zuckerproduction unternommen worden, die, so lehrreich sie an sich waren, doch nicht dazu geführt haben, die Art dieser Nervenwirkungen erklären zu können.

Die zuerst von Bernard gemachte Beobachtung, dass eine vor-

*) Corrigirte Zahlen.
**) Mit stud. Aladoff.

herige Durchschneidung der Nn. splanchnici dem Eintreten von Diabetis nach der Piqûre vorbeuge, eine nachherige Trennung dieses Nerven aber den schon entstandenen Diabetes nicht aufzuheben vermag, hat zwar auf die Splanchnici als auf die Bahnen aufmerksam gemacht, durch welche das Centralnervensystem in die Zuckerproduction einzugreifen vermag; durch den scheinbaren Widerspruch aber, welcher in dieser Beobachtung Claude Bernard's lag, wurde das Verständniss der hier in Betracht kommenden Vorgänge noch mehr in die Ferne gerückt.

Nachdem schon Pavy bemerkt hat, dass Durchschneidung des obersten Halsganglions des Sympathicus Diabetes zu erzeugen vermag, hat Eckhardt es unternommen, eine Aufklärung über die von mehreren Autoren beobachtete Inconstanz in den Erfolgen der Splanchnici-Durchschneidungen für den Diabetes auf experimentalem Wege zu erlangen.

Von den zahlreichen Untersuchungen Eckhardt's über Diabetes wollen wir nur diejenigen berücksichtigen, welche die uns hier speciell interessirende Frage berühren.

Als Hauptresultat der Eckhardt'schen Untersuchungen kann man den Nachweis betrachten, dass Durchschneidung des letzten Hals- oder irgend eines Brustganglions des Grenzstranges ebenso Diabetes erzeugt, wie die Bernard'sche Piqûre im Boden des vierten Ventrikels. Eckhardt betrachtet den so entstehenden Diabetes als einen Reizungs-Diabetes, d. h. als einen solchen, der in Folge von Reizung sympathischer Nerven entstanden sei. Der Reiz soll durch die Berührung der Luft mit der Schnittfläche des Ganglions gegeben sein, und darum erklärt Eckhardt die Erfolglosigkeit der Splanchnici-Durchschneidungen dadurch, dass, wenn dieser Nerv zwischen den Ganglien getroffen wird, seine Diabetes erzeugenden Fasern nur gelähmt, aber nicht gereizt werden.

Mit Zuhülfenahme dieser Eckardt'schen Annahme lässt sich der scheinbare Widerspruch, welcher in der oben erwähnten Beobachtung von Claude Bernard lag, auf eine mehr oder weniger gezwungene Weise erklären.

Es lassen sich aber auch manche gewichtige Einwände gegen die Richtigkeit dieser Erklärung erheben. So z. B. erscheint die Annahme, Durchschneidung von peripherischen Nervengebilden bewirke keine Lähmung, sondern Reizung derselben, an sich schon ziemlich gewagt, und dies um so mehr, als wir bei Eckhardt auch den direkten Beweis dafür vermissen, der doch leicht geführt werden könnte. Wenn die Durchschneidung der erwähnten Ganglien durch Reizung ihrer Schnittflächen Diabetes erzeugte, so müsste eine Exstirpation dieser Ganglien natürlich keinen Diabetes veranlassen. Diese leicht ausführbare Gegenprobe musste Eckhardt zuerst versuchen, und nur wenn die im vorigen Satze gemachte Voraussetzung eingetroffen wäre, durfte seine Annahme auf Gültigkeit Ansprüche machen.

Bei der Aufnahme der hier mitzutheilenden Beobachtungen leitete mich nicht nur die Ansicht, die durch frühere Untersuchungen noch zurückgelassenen Lücken auszufüllen, sondern auch die Hoffnung, über die Art der Nerveneinwirkung selbst näheren Aufschluss zu erhalten. In wie weit diese Hoffnung in Erfüllung gegangen ist, werden die folgenden Zeilen lehren.

Unsere Versuche sind fast ausschlisslich an Hunden ausgeführt. Zum Nachweis von Zucker wurden immer wenigstens zwei chemische Proben versucht, von denen die eine immer mittelst der Fehling'schen Lösung vorgenommen wurde. Der Harn wurde zuerst auf Zucker vor der Operation an den Nerven untersucht, wobei es sich herausstellte, dass man selten einen Hund trifft, dessen Harn gar kein Zucker, auch nicht in minimalen Mengen, enthält. Man kann also meistens nur von Zunahme der Zuckermenge im Harne in Folge gewisser Operationen und nicht von Entstehung derselben sprechen. Diese Zunahme ist aber bei den Diabetes erzeugenden Operationen so bedeutend, dass sie mit Sicherheit dieser Operation selbst zugeschrieben werden kann. Wenn wir daher in der vorliegenden Untersuchung vom Eintreten oder Ausbleiben des Diabetes sprechen, so wollen diese Bezeichnungen in den meisten Fällen nur eine Zunahme oder ein Gleichbleiben der Zuckermenge im Harn bedeuten.

Die erste Reihe unserer Versuche bestand zuerst nur in Wiederholung des Eckhardt'shen, also in Durchschneidung des letzten Hals- oder des ersten Brustganglions. Nur in der Art der Ausführung dieser Versuche lag der Unterschied, dass wir an diesen Ganglien nach der, von der von mir (s. oben) bei früheren Untersuchungen an diesen Organen eingeführten, Methode operirten. Anstatt nämlich die ersten Rippen zu entfernen, wie es Eckhardt that, gelangten wir zu diesen Ganglien von der Halsgegend aus, wodurch die, besonders bei Diabetesversuchen sehr störenden, grossen Verletzungen des Thieres vermieden werden.

Das von uns erhaltene Resultat dieser Durchschneidungen war identisch mit dem von Eckhardt angegebenen. Eine bis anderthalb Stunden nach dieser Operation konnten wir im Harne der Thiere grosse Mengen von Zucker nachweisen, und zwar gelang uns dies fast bei allen auf diese Weise operirten Hunden.

Nachdem so der Einfluss dieser Ganglien auf die Erzeugung von Diabetes constatirt wurde, handelt es sich darum, zu prüfen, in wie weit die Annahme Eckhardt's, dieser Einfluss bestehe in einer Reizung gewisser in diesen Ganglien liegenden Fasern, begründet ist. Wie schon oben erwähnt, konnte dies leicht durch Versuche mit Exstirpationen dieser Ganglien geschehen.

Eine grössere Anzahl solcher Exstirpationen zeigte uns bald, dass die Eckhardt'sche Annahme unrichtig ist, und dass wir es hier mit einer Lähmungs- und keiner Reizungserscheinung zu thun haben. Solche Exstirpationen erzeugen nämlich ebenso rasch und ebenso constant Diabetes, wie die Durchschneidung dieser Ganglien selbst; ja für den Erfolg des Versuchs genügt die alleinige Exstirpation des letzten Halsganglions.

Diese Exstirpation wurde so vorsichtig ausgeführt, dass der Verdacht nicht aufkommen konnte, dieses Ganglion sei durch die Ausreissung selbst in starke Erregung gerathen, welche sich den Diabetes erzeugenden Nerven mitgetheilt hat. Abgesehen von der Sorgfalt, mit welcher dieses leicht zugängliche Ganglion ausgeschält wurde, spricht gegen eine solche Möglichkeit die bekannte Thatsache, dass Exstirpation dieses Ganglions die vasomotorischen Nerven der oberen Extremität lähmt (Cl. Bernard, Schiff, E. Cyon) und nicht reizt.

Noch beweisender für den Ursprung dieses künstlichen Diabetes aus einer Lähmung gewisser Nerven war die zweite Reihe unserer Versuche, welche wir mehrmals und zwar mit demselben Erfolge ausführten. Anstatt das Halsganglion selbst zu exstirpiren, präparirten wir es sorgfältig heraus und zwar ohne es dabei im Geringsten zu berühren. Nachdem es so freigelegt war (am besten durch einen schräg von oben und aussen nach unten und innen im Trigonum supraclaviculare geführten Schnitt), durchschnitten wir vorsichtig sämmtliche Nervenzweige, mit denen es in Verbindung stand, so dass das Ganglion an seiner Stelle liegen blieb, aber aller Verbindungen mit dem centralen und peripheren Nervensystem beraubt war. Auch diese Operation erzeugte bei Hunden starken Diabetes und zwar in demselben Zeitraum, wie die früher beschriebenen.

Durch die erwähnten Versuche ist also zuerst festgestellt worden, dass der künstliche Diabetes durch Lähmung gewisser Nervenfasern entsteht, welche mit dem ersten Brust- und letzten Halsganglion in Verbindung stehen.

Mit diesem Ergebnisse ausgerüstet, gingen wir nun an die specielle Ermittelung dieser die Zuckerbildung beeinflussenden Nerven.

Die betreffenden Ganglien stehen bekanntlich mit einer grossen Anzahl ein- und austretender Nerven in Verbindung, welche den verschiedensten Functionen obliegen; wir wollen nur an die Nn. cardiaci accelerantes (M. und E. Cyon) und an die vasomotorischen Nerven der oberen Extremität (Cl. Bernard, E. Cyon) erinnern, welche auf dem Wege zu ihren Bestimmungsorten diese Ganglien durchsetzen. Beim Hunde, dessen Halssympathicus mit dem Vagus verwachsen ist, wird die Anzahl dieser Nerven noch dadurch vermehrt, dass auch der Vagusstamm das letzte Halsganglion durchsetzt.

Es handelte sich also darum, zu ermitteln, welche von diesen Nerven in unseren Versuchen die Hauptrolle spielten, und welche nur zufällig und ohne jeden Einfluss auf den erzielten Erfolg durchschnitten wurden.

Um die nun folgende dritte Reihe von Versuchen verständlich zu machen, müssen wir auf die anatomische Beschreibung dieser Ganglien hinweisen, die von Ludwig und Thiry, M. und E. Cyon gegeben wurde. Alle hier in Betracht kommenden Nerven dieser Ganglien sind auf der Tafel II, Fig. 2, 3 und 4, sowie auf Tafel III, Fig. 1 und 2 abgebildet.

Wir verfuhren bei unserem Versuche derart, dass wir die in das Gangl. cervicale inf. eintretenden Nerven einzelweise und der Reihe nach durchschnitten und dabei beobachteten, nach welcher Durchschneidung künstlicher Diabetes im Harne auftrat. In einer grösseren Anzahl auf diese Weise ausgeführter Versuche stellte es sich heraus, dass Diabetes erzeugt wird, entweder wenn beide R. vertebrales (Taf. II, Fig. 3) oder die beiden Nerven durchschnitten werden, welche vom Ggl. cerv. inf. zum Ggl. stellatum sich begeben und die Art. subclavia ringförmig umschliessen und zusammen den sogenannten Annulus Vieusseni (Taf. II, Fig. 3) bilden. Die Durchschneidung der anderen Nerven des Ggl. cervical. inf. hat keinen Einfluss auf die im Harne befindliche Zuckermenge.

Die genannten Nerven sind es also, deren Lähmung Diabetes erzeugt. Da einerseits zur Erzeugung des Diabetes die Durchschneidung des einen Paares dieser Nerven genügt, andererseits aber das eine Paar, die R. vertebrales, die Verbindung zwischen dem Rückenmarke und dem Ggl. stell. inf. bilden, das Zweite, der Annulus Vieusseni, dieses Ganglion mit Ggl. stellatum vereinigen, so ist aus unseren Versuchen Folgendes mit Sicherheit zu schliessen: Die Nervenfasern, deren Lähmung Diabetes erzeugt, verlassen das Rückenmark durch die Rr. vertebrales, passiren das Ggl. cervic. inf. und begeben sich durch den Ann. Vieusseni zum Ggl. stellatum.

Somit ist Aufschluss über eine Strecke der peripheren Bahn der hier in Betracht kommenden Nervenfasern erlangt worden.

Um auf experimentellem Wege diese Bahn weiter zu erforschen, stellten wir eine vierte Reihe von Versuchen mit Durchschneidungen des Grenzstranges unterhalb der bis jetzt untersuchten Strecke an. Wir hofften, bei diesen Versuchen auch Aufschluss über die am Eingang dieser Abhandlung erwähnte, von Cl. Bernard beobachtete Rolle der Splanchnici auf den durch die Piqûre erzeugten Diabetes bekommen.

Wir führten diese Reihe unserer Versuche auf die Weise aus, dass wir einen scharfen Haken zwischen der 10. und 11. oder 11. und 12. Rippe, nahe der Wirbelsäule, in die Brusthöhle einführten und den Grenzstrang, resp. den Splanchnicus der entsprechanden Seite durchschnitten. Bei einiger Uebung gelingt es, den Grenzstrang auf diese Weise subcutan mit ziemlicher Sicherheit zu durchtrennen. Da die Pleura dabei fast immer verletzt wird, so ist es nothwendig, den Haken unter bohrenden Bewegungen in schiefer Richtung durch die Intercostalmuskeln durchzustossen, um so den Eintritt von Luft in die Pleurahöhle zu verhindern. — Jedenfalls muss nach jedem Versuche durch Section am Cadaver untersucht werden, ob der Nerv auch getroffen und vollständig getrennt ist, da ziemlich oft durch nicht nachdrückliche Führung des Hakens der Grenzstrang nur zerquetscht oder angerissen, aber nicht vollständig durchschnitten wird.

Die Ergebnisse disser Reihe von Versuchen treten zwar nicht mit der Constanz ein, wie in den bisherigen, aber aus einer grösseren Anzahl von Versuchen lassen sich mit Sicherheit folgende Resultate ableiten:

1) Durschneidung des Grenzstranges auf der angegebenen Höhe erzeugt fast nie Diabetes beim Hunde. Wird nach dieser Durchschneidung das Gangl. stellatum oder das Gangl. cervicale inf. derselben Seite durchtrennt, so bleibt auch diese Operation ohne Einfluss auf die Zuckermenge im Harn. Ebenso erfolglos ist die gleichzeitige Durchtrennung des Gangl. cerv. inf. und des Grenzstranges zwischen der 10. und 12. Rippe.

2) Wird der Grenzstrang an der bezeichneten Stelle erst durchtrennt, nachdem künstlicher Diabetes durch Exstirpation des Ggl. cerv. inf. schon erzeugt ist, so wird dadurch der Diabetes nicht aufgehoben, ja sogar nicht an Zunahme gehindert, wenigstens die ersten Paar Stunden nach dieser Operation.

Wir stiessen also auch hier auf denselben scheinbaren Widerspruch über die Rolle der Splanchnici bei Diabetes, den schon Cl. Bernard

beobachtet hat, als er die Piqûre mit vor- oder nachheriger Durchschneidung der Splanchnici vornahm.

Wie schon oben erwähnt, fand Bernard, dass eine vorherige Durchschneidung der Splanchnici den Erfolg der Piqûre vernichte, eine nachherige dagegen den schon durch die Piqûre erzeugten Diabetes nicht aufzuheben vermag. Dasselbe Resultat erhielten wir, nur mit dem Unterschiede, dass wir, anstatt die Diabetes erzeugenden Fasern im vierten Ventrikel zu treffen, dieselben in ihrem peripheren Verlauf lähmten. Dadurch tritt aber das Widersprechende der Erscheinung, wenn möglich, noch greller hervor. Es kann ja nämlich keinem Zweifel unterliegen, dass die Nervenfasern, deren Lähmung das Entstehen der Zuckerharnruhr nach sich zieht, um vom Gangl. stellatum zur Leber zu gelangen, den Grenzstrang, und den Splanchnicus passiren müssen. Bei Durchschneidung dieses letzteren werden also auch jene Fasern mit durchtrennt — und doch erzeugt die an dieser Stelle vorgenommene Durchtrennung keinen Diabetes, — ja noch mehr, sie verhindert sogar das Eintreten des Diabetes, wenn nachträglich noch diese Nervenfasern in den oberen Ganglien selbst getroffen werden!

Dieser Widerspruch kann nur eine Ursache haben — nämlich, es müssen unterhalb des Gangl. stellatum aus dem Rückenmarke Nerven in den Grenzstrang eintreten deren Lähmung das Auftreten von Diabetes auf irgend eine Weise zu hindern, den einmal eingetretenen Diabetes aber nicht aufzuheben vermag. Mit einem Worte; in dem unteren Verlaufe des Grenzstranges befinden sich zwei Arten von Fasern, von denen die einen aus dem Gangl. stellatum kommenden, wenn gelähmt, Diabetes erzeugen; die anderen, tiefer aus dem aus dem Rückenmarke tretenden, deren Lähmung den Wirkungen der ersteren entgegentritt. Wie eine kurze Ueberlegung zeigt, ist dieser Schluss aus unseren Beobachtungen keine über das Thatsächliche hinausgehende Erklärung, sondern nur eine einfache Formulirung der zu Tage getretenen Thatsachen.

Vermuthungen über die Natur dieser sich entgegenwirkenden Nervenleistungen aufzustellen war eine missliche Sache, so lange wir keine wohlbegründeten Angaben über das Wesentliche in der Wirkung der Nerven bei Erzeugung von Diabetes besassen. Unser nächstes Streben musste also darauf gerichtet werden, Anhaltspunkte zum Verständniss dieser Wirkungen zu erlangen.

Der Gesichtspunkt, von welchem wir dabei ausgingen, war der, dass, ehe wir zur Annahme neuer Nervenwirkungen unsere Zuflucht nahmen, wir zuerst versuchen mussten, mit alleiniger Zuhülfenahme der bis jetzt bekannten Nervenleistungen zum Ziele zu gelangen. Nur wenn wir alle diese Wege erschöpft hatten, hatten wir das Recht, auf neue Nervenwirkungen zu reflectiren.

Von den bekannten Nervenwirkungen war hier natürlich zuerst an vasomotorische zu denken, wie ja schon einige Physiologen, z. B. Schiff den Versuch gemacht haben, die Entstehung des künstlichen Diabetes durch Lähmung oder Reizung von Gefässnerven zu deuten. Es war hier um so mehr gestattet, an vasomotorische Einflüsse zu denken als sowohl die Nerven als die Ganglien, in welchen wir die Diabetes erzeugenden

Fasern gefunden haben, in mannigfachen Beziehungen zum Circulationsapparate stehen.

Die Frage war einer experimentellen Prüfung fähig, und waren die Anhaltspunkte zu derselben so verlockend, dass wir auch diese Prüfung vornahmen.

So wie die Verhältnisse nach unseren bisherigen Untersuchungen sich gestaltet haben, war die zu entscheidende Frage folgende: haben die Nerven, in denen wir die Existenz Diabetes erzeugender Fasern nachgewiesen haben, irgend einen Einfluss auf die Circulation in der Leber oder nicht?

Wir wandten uns an die Nerven, welche den Annulus Vieusseni bilden, sowohl wegen der leichten Zugänglichkeit derselben, als weil bis jetzt in ihnen keine anderen Funktionen beobachtet wurden, was bekanntlich bei den Rr. vertebrales nicht der Fall ist. — Das Einzige, was die Physiologie bis jetzt über die Funktion dieses Annulus vieusseni besitzt, ist die beiläufige Annahme von M. und E. Cyon*), dass Reizung desselben eine minimale Blutdrucksteigerung in der Carotis bewirke, ohne irgendwie die Zahl der Herzschläge zu beeinflussen. Die Blutdrucksteigerung betrug in den dieser Angabe zu Grunde gelegten Versuchen, wie ich es aus den noch behaltenen Curven von Neuem constatiren konnte, nur 5—10 Mm. An grosse allgemeine Wirkungen war also bei Reizung dieses Nerven nicht zu denken; wir lenkten unsere Aufmerksamkeit während dieser Reizung also zunächst auf die Veränderungen der Blutgefässe in der Leber.

Die zu diesem Zwecke unternommene fünfte Reihe von Versuchen ist an mit Curare vergifteten Hunden angestellt. Zur Reizung wurde immer der rechte Annulus Vieusseni benutzt, weil die hier in Betracht kommenden Nervenpartien auf der rechten Seite viel seltener Unregelmässigkeiten in der Anordnung zeigen, als auf der linken Seite. Die Veränderungen des Blutstroms in der Leber wurden zuerst mit blossem Auge an der blossgelegten Leberobfläche studirt. Wir wollen hier einige Cautelen angeben, welche bei Wiederholung der Versuche vor vielen Misserfolgen schützen werden. Die Leber darf so wenig als möglich aus der Bauchhöhle herausgezogen werden, und dies auch nur auf kurze Zeit. Während der Beobachtung muss sowohl die Beleuchtung der Oberfläche unveränderlich, als auch der Kopf des Beobachters fixirt bleiben. Da es sich hier um Beocachtung feiner Farbennuancirungen handelt, so kann man leicht durch Nichtbeachtung der angegebenen Vorsichtsmaassregeln auf Täuschungen stassen.

Reizt man nun den einen der Zweige des Annulus Vieusseni, so beobachtet man meistens an der Oberfläche der Leber das Auftreten von weisslichen Flecken, die während der ganzen Dauer der Reizung anhalten, an Grösse zunehmen und nach Aufhören der Reizung nur allmählich verschwinden. Man muss oft einen grösseren Theil der Leber beobachten, um diese Flecken zu sehen, da sie nicht an allen Theilen der Leber gleichmässig vorkommen. Beobachtet man diese Flecken genauer, so findet man, dass die weissliche Farbe derselben von einem Netze blasser Fäden

*) Siehe oben.

herrührt, welches auf der Oberfläche des Fleckes sichtbar ist. Das Netz ist ziemlich engmaschig, und man überzeugt sich bei näherer Betrachtung leicht, dass die weissen Fäden sich um die Grenzen der einzelnen Acini hinziehen: mit anderen Worten, dass die Acini die Maschen dieses Netzes ausfüllen. Nichts lag näher, als die Vermuthung, dass diese Fäden den Verzweigungen den der Art. hepatica, vielleicht sogar der Venae portarum entsprechen und das Erblassen derselben von der Contraction dieser Verzweigungen herrühre. Es gelingt oft, diese Vermuthung durch die Beobachtung zu unterstützen, dass während des Erscheinens dieser blassen Netze Risse in der Leber schwächer bluten, als vorher. Mit einem Worte, durch diese Reizversuche ist es im höchsten Grade wahrscheinlich gemacht worden, dass im Annulus Vieusseni vasomotorische Nerven für die Gefässe der Leber verlaufen.

Ehe wir zu Schlussfolgerungen aus diesen Beobachtungen für die Physiologie des Diabetes schreiten, wollen wir noch die letzte Reihe der hierher gehörigen Versuche mittheilen, welche die erwähnte Wahrscheinlichkeit in Gewissheit verwandelt haben.

Durch den Erfolg der ersten Reizversuche angespornt, unternahmen wir nämlich Messungen der Veränderungen in der Circulation der Leber mittelst des Quecksilbermanometers. So schwierig die Ausführung dieser Versuche auch war, so lohnend waren ihre Resultate.

Diese Versuche wurden so ausgeführt, dass in die Art. hepatica eine T-förmige Canüle eingeführt wurde, welche wir später in Verbindung mit den Zuleitungsröhren des Manometers brachten. Die Präparation der Art. hepatica, so wie deren Unterbindung, muss sorgfältig ausgeführt werden, besonders nehme man sich vor einer Verletzung oder gar Unterbindung der zahlreichen die Arterien begleitenden Nervenfäden in Acht. Während der Messungen des Blutdrucks muss die Arterie oft von einem Assistenten mit den Fingern fixirt werden, da ja sonst leicht durch Zusammenfaltung des einen Endes der Arterie die Veränderungen des Blutdrucks in derselben sich nicht am Manometer äussern können. Auch in diesen Versuchen waren die Hunde durch Curare vergiftet.

Reizten wir nun den einen der Zweige des Annulus Vieusseni, so beobachteten wir in allen Fällen eine sofortige Zunahme des Seitendrucks in der Art. hepatica. Diese Zunahme war in verschiedenen Fällen verschieden gross, betrug aber gewöhnlich zwischen 30 und 70 Mm.

Nach der Reizung kehrt der Blutdruck allmählich wieder zu seiner früheren Grösse zurück.

Somit ist durch diese letzte Versuchsreihe festgestellt worden, dass im Annulus die gefässverengenden Fasern für die Zweige der Art. hepatica liegen.

Um noch mehr den Verdacht auszuschliessen, es stiege hier der Seitendruck nur in Folge von Druckveränderungen in den benachbarten Gefässen, machten wir noch folgende zwei Proben. 1) maassen wir den Blutdruck gleichzeitig in der Carotis und überzeugten uns, dass, während in der Art. hepatica der Seitenduck auf mehr als 50 Mm. in die Höhe ging, er in der Carotis nur 5 —10 Mm. gewann; 2) klemmten wir das peripherische Ende der Art. hepatica zu und reizten nun den

Ann. Vieusseni, so war gar keine Druckzunahme im centralen Theile der Art. hepatica wahrzunehmen, was doch durchaus eintreten müsste, wenn die Steigerung des Seitendrucks nicht durch Verengerung der kleinen Leberarterien, sondern durch erhöhten Druck in den Nachbargefässen erzeugt worden wäre.

Ganz ähnliche Messungen des Blutdrucks machten wir an der Ven. port. und beobachteten hier auch eine Druckzunahme während der Reizung derselben Nerven; diese Zunahme erreichte aber kaum die Höhe von 10—12 Mm.; wahrscheinlich war sie also indirekt durch Veränderungen des Blutdrucks in der Art. hepatica bedingt.

Die Frage, die wir uns oben gestellt; „üben die Nerven, in denen wir die Existenz Diabetes erzeugender Fasern nachgewiesen haben, irgend einen Einfluss auf die Circulation in der Leber aus oder nicht?“ haben wir also auf das Bestimmteste dahin beantwortet, dass diese Nerven auch die verengernden Fasern der Leberarterien enthalten. Reizung dieser Nerven erzeugt Verengerung dieser Gefässe, ihre Lähmung muss also eine Erweiterung derselben hervorrufen. Diese Erweiterung ist auch am Manometer nachweisbar, nur tritt sie allmählich ein und erreicht ihr Maximum erst 10—15 Minuten nach der Durchschneidung der Annulus Vieusseni beider Seiten.

Es fragt sich nun, kann das Entstehen von Diabetes bei Lähmung dieser Nerven durch die dabei eintretende Erweiterung der Blutbahn in der Leber erklärt werden, oder sind wir gezwungen, diese beiden Vorgänge als unabhängig von einander zu betrachten und im Ann. Vieusseni zwei Arten von Fasern anzunehmen, von denen die einen Vasomotoren der Leber sind, die anderen in die chemischen Processe der Leber direkt eingreifen können. Wir glauben, dass zwischen diesen beiden Möglichkeiten die Wahl kaum zweifelhaft sein kann. — Die zweite Möglichkeit muss nicht nur die Existenz neuer specifisch wirkender Fasern voraussetzen, sondern sie schiebt das Verständniss der hier vorkommenden Vorgänge noch in weitere Ferne hinaus, während die erste keiner Voraussetzungen bedarf und uns auch dem Verständniss der Wirkungsweise dieses Nerven näher bringt. Eine Lähmung der vasomotorischen Nerven der Leber erzeugt in derselben einen viel lebhafteren Blutstrom, und muss also die Thätigkeiten dieser Drüse steigern; es muss also die Menge des von der Leber in der Zeiteinheit gelieferten Zuckers nach dieser Lähmung zunehmen, ebenso wie die Speichelabsonderung in der Gland. maxillaris durch den in ihr beschleunigten Blutstrom zunimmt. (Es wäre im höchsten Grade interessant, den Einfluss dieser Nerven auch auf die anderen Thätigkeiten der Leber, z. B. auf die Gallenabsonderung, zu prüfen; wahrscheinlich wird auch diese Absonderung bei Lähmung der Vasomotoren zunehmen).

Es bleibt uns jetzt noch übrig, mit Hülfe der gewonnenen Aufschlüsse über das Wesen der Wirkung des Ann. Vieusseni bei Diabetes eine Lösung des scheinbaren Widerspruchs, welches sich sowohl aus den Versuchen Cl. Bernard's als aus den unserigen über die Rolle der Splanchnici ergeben hat. Wir blieben oben bei der Annahme stehen, es träten in den Grenzstrang unterhalb des Gangl. stellatum Fasern ein, deren Lähmung den Wirkungen der Durchschneidung des Annulus Vieusseni entgegentritt.

Da wir jetzt nun wissen, dass die hier in Betracht kommenden Fasern des Ann. Vieusseni gefässverengende Fasern der Lebern sind, so scheint nichts einfacher als die Annahme, die tiefer aus dem Rückenmarke tretenden Fasern, welche diesen entgegenwirken, seien gefässerweiternde Nerven der Leber. Mit dieser Annahme würden sich zwar unsere Versuche der 4ten Reihe leicht erklären lassen — diese Annahme beruht aber zuerst auf der unwahrscheinlichen Voraussetzung, es gäbe im Organismus direkt erweiternde Nervenfasern, und sodann ermangelt sie des Beweises, dass auch die Leber solche Nerven besitzt. Wir dürfen daher zu dieser Annahme erst dann unsere Zuflucht nehmen, wenn wir uns auf andere Weise die Erscheinungen nicht werden erklären können.

In den hier in Betracht kommenden Theil des Grenzstranges treten erwiesenermassen die Gefässnerven der oberen Extremität, die der Eingeweide und theilweise auch die der unteren Extremität ein. Eine Lähmung dieser Gefässnerven wird nun eine Erweiterung sämmtlicher Gefässe dieser Bezirke nach sich ziehen, also eine Blutanhäufung in denselben. Wegen der bekannten Weite der Eingeweidegefässe wird der grösste Theil des Blutes sich in den Gefässen der Eingeweide anhäufen, wie es ja bei Lähmung der Spanchnici zu geschehen pflegt. Sehen wir nun, ob wir mit Hülfe dieser nachgewiesenen Folgen der Grenzstrangesdurchschneidung uns nicht erklären können, warum sowohl diese Durchschneidung selbst (wobei ja die Fasern des Ann. Vieusseni mit gelähmt werden), als auch die nachherige Durchschneidung des Ann. Vieusseni, keinen Diabetes zu erzeugen vermag.

Wir haben oben gesehen, dass die der Melliturie vorausgehende vermehrte Zuckerproduction in der Leber von einem vermehrten Blutzufluss zu diesem Organe bedingt ist; es ist also klar, dass eine vorhergehende Blutanhäufung in den anderen Organen, wie sie nach Durchschneidung des Grenzstranges auftritt, die Blutvermehrung in der Leber durch Lähmung ihrer Gefässnerven auf ein Minimum reducirt werden muss: daher kein Diabetes, wenn der Piqûre oder der Exstirpation des Gangl. cervicale inf. eine Durchschneidung des Splanchnicus, resp. des gleichzeitigen Grenzstranges vorangegangen ist. Ist aber durch die Piqûre oder die Exstirpation des erwähnten Ganglions schon Erweiterung der Lebergefässe eintreten, so kann die nachfolgende Splanchnicus-Durchtrennung wenigstens in den ersten Stunden nicht mehr diese Erweiterung aufheben: daher dauert der Diabetes nach dieser Operation anfangs noch fort.

Diese Erklärung spricht uns viel mehr an, weil sie nur auf nachgewiesenen Thatsachen beruht und keiner unbegründeten Voraussetzung bedarf. Dieselbe Ueberlegung würde auch erklären, warum Exstirpation des Gangl. cervic. inf. oft viel sicherer Diabetes erzeugt, als die Exstirpation des Gangl. stellatum; in diesem letzteren finden sich ja bekanntlich auch die Gefässnerven der oberen Extremität, die also mitgelähmt werden.

Zum Schlusse noch einige Worte über das Verhältniss der von uns gefundenen Thatsachen zu der zu der Piqûre von Cl. Bernard. Aus der ganzen Darstellung unserer Versuche ging schon hervor, dass wir den durch die Piqûre entstehenden Diabetes für identisch halten mit dem

durch Lähmung des Annulus Vieussenii hervorgebrachten, mit anderen Worten, wir nehmen an, dass der Diabetes bei der Piqûre eine Lähmung derselben vasomotorischen Nerven erzeugt, die wir bei Durchschneidung des Annulus oder Exstirpation des Gangl. cervic. inf. treffen. Der einzige Unterschied, den wir in den durch die beiden Methoden erzeugten Diabetes constatiren, ist der, dass der Diabetes durch Piqûre fast immer mit Hydrurie, der unserige aber immer ohne Hydrurie auftritt. Die Erklärung dieses Unterschiedes liegt wahrscheinlich darin, dass bei der Piqûre auch die vasomotorischen Nerven der Niere getroffen werden, bei unserer Operation aber nicht.

---

3. Ueber die physiologische Wirkung des Borax.

(Comptes rendus de l'Acad. des Sciences de Paris, 28. November 1878.)

Ich habe eine Reihe von direkten Versuchen über den Nahrungswerth des durch Borax conservirten Fleisches und über die physiologische Wirkung jener Substanz unternommen.

Diese Versuche wurden gleichzeitig an drei erwachsenen Hunden angestellt: Der Nahrungswerth des Borax sowie seine Wirkung auf den allgemeinen Stoffwechsel wurden geprüft vermittelst genauer Bestimmungen der täglichen Einnahmen und Ausgaben dieser Thiere, sowohl bevor dieselben Borax zu brauchen anfingen, als während dessen Gebrauches.

Aus leicht verständlichen Gründen habe ich die Hunde während der ganzen Dauer der Versuche einer ausschliesslichen Albumindiät unterzogen; es war also vor Allem der im Harne enthaltene Stickstoff, der mir zur Bestimmung der von den Nahrungsmitteln innerhalb des Körpers erlittenen Umsetzung diente.

Die erste Reihe meiner Versuche, die mit 24 Tage lang conservirtem Fleische ausgeführt wurden, zeigte mir, dass dieses Fleisch nicht nur das Ansehen und den Geschmack, sondern auch die volle Nahrhaftigkeit des frischen Fleisches beibehält. Um die Conservation des Fleisches zu erhalten, wurde dasselbe sorgfältig durch feingepulverten Borax mit Hilfe eines besonderen Streuapparates umhüllt.

Das Gewicht des Hundes *A*, welches vorher 17 Kilogr. betrug, hat im Verlaufe von 14 Tagen um 2 Kilogr. zugenommen; dasjenige des 2. Hundes (*B*) ist innerhalb desselben Zeitabschnittes von 18 Kilogr. auf 23,7 Kilogr. gestiegen. Die Menge des während dieser ersten Periode absorbirten Borax betrug 4 Gramm täglich.

Die Harnanalyse ergab, dass der gesammte Stickstoff der Nahrung, welcher nicht als den neugebildeten Geweben entsprechender Ueberschuss im Körper zurückblieb, den Organismus im Harnstoffe verliess. Das verzehrte Fleisch war also wirklich assimilirt.

Die Versuche mit zur frischen Nahrung zugesetztem Borax wurden mit bis zu 12 Grm. pro die betragenden Dosen ausgeführt.

Der Hund *A* stieg in 10 Tagen von 19,2 kg auf 22,15 kg.
„ „ *B* „ „ 10 „ „ 23,7 „ „ 25,6 „
„ „ *C* „ „ 10 „ „ 12,6 „ „ 15,7 „

Bei den beiden ersten Hunden ist die in 24 Stunde dargereichten

Fleischmenge vor den Versuchen und während derselben fast dieselbe geblieben. Der Hund C, welcher ohne Borax nur 350 bis 500 Grm. Fleisch täglich verzehrte, hat es, vermöge des Borax, so weit gebracht, 1250 Grm zu verschlingen und zu assimiliren.

In Anbetracht der ausschliesslichen Eiweiss-Ernährung dieser Thiere, des Ersatzes des Kochsalzes durch Borax und der physiologischen Wirkung dieses letzteren Salzes, wird es erlaubt sein, aus dieser zweiten Versuchsreihe zu schliessen:

1. Dass der Borax als Zusatz zum Fleische bis zu 12 Grm. pro die (und diese Menge beträgt das Zehnfache der durch das angegebene Verfahren erforderten) sich als Nahrungsmittel verwenden lässt, ohne die geringste Störung in der allgemeinen Ernährung hervorzurufen.

2. Dass der dem Kochsalze substituirte Borax die Fähigkeit das Fleisch zu assimiliren erhöht und eine bedeutende Steigerung des Gewichtes des Thieres herbeizuführen vermag, selbst wenn die verwendeten Nahrungsmittel ausschliesslich eiweisshaltige sind.

Ich muss jedoch darauf aufmerksam machen, dass die Wirkung des Borax, wie ich sie durch meine Untersuchungen festgestellt habe, nur für den reinen Borax gilt, d. h. für den Borax, der weder die Thonerde- und Blei-Salze, noch das kohlensaure Natron enthält, welche dem im Handel vorkommenden Borax beigemengt zu sein pflegen. —

Nachtrag.

Ueber die Unschädlichkeit des zur Fleischconservirung verwendeten Borax.

In Veranlassung der Bemerkungen, welche über meine die physiologische Wirkung des Borax betreffenden Untersuchungen gemacht worden sind, will ich darauf aufmerksam machen, dass man bei dem von mir benutzten Jourdes'schen Verfahren das Fleisch nicht in eine Salzlösung taucht. Man bestreut deren Oberfläche sehr leicht mit chemisch-reinem Borax (von 1—2 Grm. pro Kilogramm Fleisch). Das Fleisch verbleibt durchaus in seinem Normalzustande, und meine Versuche haben gezeigt, dass dasselbe seinen vollen Nährwerth behält.

Ich mache endlich noch darauf aufmerksam, dass lange vor meinen Experimenten Prof. Panum*) die vollständige Unschädlichkeit des Borax und der Borsäure, als behufs der Fleischconservirung verwendeter Substanzen, hervorgehoben hatte. Seine Untersuchungen waren gerade zu dem Zwecke unternommen worden, die Frage zu erledigen, ob das Verfahren, verschiedene Fleischarten durch Borax zu conserviren — ein Verfahren, welches in den Scandinavischen Ländern hinreichend verbreitet ist, um daselbst sogar der Methode der durch Kälte zu bewirkenden Conservation vorgezogen zu werden — nicht mit irgend welchen Nachtheilen für die öffentliche Gesundheit verbundensein könnte.

Der Borax wird auch, namentlich in England und in Amerika, dazu angewandt, um die organischen Substanzen vor der Gährung zu bewahren. In England war es Mr. Redwood, der für ihn Propaganda machte.

*) Panum: Nordiskt medicinskt Archiv. Vol. VI pag. 12. 1874.

4. Der Borax als inneres Desinfectionsmittel.

(Comptes rendus, 1884.)

Im November 1878 habe ich die Ehre gehabt, der Akademie meine Untersuchungen über die physiologischen Eigenschaften des Borax mitzutheilen. Die hauptsächlichsten Resultate, zu denen ich gelangt war, bestätigten zunächst die schon von Dumas hinsichtlich der eminent antiseptischen Eigenschaften dieser Substanz gemachten Beobachtungen; ferner bewiesen sie die vollständige Unschädlichkeit des reinen Borax, von dem man bis 15 Grm. und mehr in 24 Stunden in den Organismus einführen kann, ohne in demselben die geringste Störung hervorzurufen.

Abgesehen von ihrer Wichtigkeit vom Gesichtspunkte der öffentlichen Ernährung, schienen mir diese Resultate ein grosses medicinisches Interesse darzubieten, indem sie uns endlich ein sehr kräftiges Antisepticum zur Verfügung stellten, von welchem man ungestraft eine beliebige Menge in den Organismus einführen kann, um diesen vor gewissen contagiösen Krankheiten zu schützen. Was in der That bisher alle während der Epidemien benutzten Desinfectionsmittel fast werthlos gemacht hat, ist, dass ihre Wirkung nothwendigerweise auf die äusseren Körpertheile beschränkt ist. Erst wenn die Krankheit ausgebrochen ist, greift der Arzt zu den inneren Desinfectionsmitteln, jedoch alsdann ist es oft bereits zu spät. Dahingegen scheint uns der Borax ein energisches inneres Desinfectionsmittel zu sein, welches man im Verlaufe von Monaten und Jahren ohne die mindeste Gefahr für den Organismus in Gebrauch ziehen kann.

Als zu Anfang des Jahres 1879 angeblich die Pest in Russland ausbrach, beeilte ich mich nach St. Petersburg zu reisen und dem obersten Medicinalrath des Reiches den Gebrauch des Borax, als eines prophylactischen Desinfectionsmittels, vorzuschlagen. In seiner unter dem Präsidium Herrn Dr. Pelikans abgehaltenen Sitzung vom 19. Februar empfahl der Medicinal-Rath den Gebrauch dieser Substanz allen Aerzten der inficirten Regionen . . . Das Erlöschen der Epidemie brachte es mit sich, dass die projektirte Anwendung des Mittels unterblieb.

Seitdem habe ich im Verlaufe dieser letzten sechs Jahre vielfach Gelegenheit gehabt, die vorzüglichen antiseptischen Eigenschaften des Borax und der Borsäure bei allen von Parasiten oder von Bacterien herrührenden Affectionen bestätigt zu finden. Man irrt gewaltig, wenn man die Wirksamkeit eines desinficirenden Agens nach dem Grade seiner für den menschlichen Organismus toxischen Eigenschaften beurtheilt. So manches Antisepticum, das für unfehlbar gilt, weil sein Gebrauch dem Menschen Gefahr bringt, erweist sich als völlig ohnmächtig gegenüber einem unsichtbaren Parasiten, welcher einigen Granen Borax oder Borsäure nicht zu widerstehen vermag. Ich glaube also unter den gegenwärtigen Umständen*) einen Versuch mit diesem so kräftigen Präservativ von Neuem empfehlen zu müssen. Seine Wirksamkeit ergiebt sich, meiner Meinung nach, aus einer während der Choleraepidemieen häufig beobachteten Thatsache: die Krankheit hat immer die in den Borsäurefabriken beschäftigten Arbeiter verschont. So z. B. ist während der heftigen Epidemie,

*) Während der ausgebrochenen Choleraepidemie.

welche in den Jahren 1864 und 1865 in Italien wüthete, keiner von den in den sieben Borsäure-Hüttenwerken von Larderello arbeitenden Handwerkern von der Seuche ergriffen worden, während ein kaum 3 Kilometer davon entferntes Dorf ein Drittel seiner Bevölkerung verlor.

Von 5 bis zu 6 Grm. täglich eingenommen, wird der Borax nicht nur eine direkte Wirkung auf die im Darmkanale enthaltenen Mikroben ausüben, sondern er wird, ins Blut übergetreten, auch noch die möglicherweise bis dahin vorgedrungenen Bacillen erreichen können. Die stopfende Wirkung des doppeltborsauren Natrons ist ein Grund mehr, das Mittel in Cholerazeiten für indicirt zu halten.

Das sicherste Mittel, die Frage zu entscheiden, welchen Werth der Borax als Prophylacticum gegen die Cholera habe, würde darin bestehen, ihn an einem inficirten Orte in Gebrauch zu ziehen, indem man einige Soldaten eines Regiments oder einige Arbeiter einer Fabrik zu Versuchsobjekten erwählte. Wenn diese, mit ihren Kameraden unter denselben hygieinischen und Ernährungs-Verhältnissen lebenden Leute eine grössere Resistenzfähigkeit gegen die Seuche darböten, so könnte man diese Immunität nur dem Einflusse des Präservativmittels zuschreiben.

Einestheils Abwaschungen aller äusseren Schleimhäute mit Borsäure oder mit einer Boraxlösung; anderentheils Beimischung von ungefähr 6 Grm Borax zu den im Laufe von 24 Stunden zu geniessenden Speisen und Getränken: das wäre das von mir in Vorschlag gebrachte prophylactische Verfahren. —

Nachtrag zur Abhandlung No. 1 dieses Abschnittes.

(Centralblatt für die medic. Wissenschaften 1883, No. 30.)

Aus einem Referate in No. 6 d. Bl. vom J. 1883 ist mir die Arbeit des Hrn. Dr. v. Schröder: „Ueber die Bildungsstätte des Harnstoffs“*) bekannt geworden. Durchleitungsversuche an der ausgeschnittenen Leber führten Vf. zum Schlusse, dass dieses Organ eine Stätte für Harnstoffbildung abgiebt. Vor 13 Jahren habe ich im Centralblatt (1870, No. 37) mitgetheilt, dass das Blut, indem es die ausgeschnittene Leber durchströmt, bedeutend reichhaltiger an Harnstoff wird, dass die Leber also eine Stätte für die Harnstoffbildung ist (s. oben).

So angenehm es mir war, dass dieser meiner Arbeit, welche so heftigen Angriffen, nicht nur in ihren Schlüssen, sondern auch in den angegebenen Thatsachen, ausgesetzt war, endlich volle Gerechtigkeit wiederfährt, so vermisste ich doch in Hrn. v. Schröder's ausführlichen litterarischen Angaben seine Ansicht über meine Untersuchungen, welche er ja zu bestätigen Gelegenheit hatte.

Freilich waren durch einen Rechnenfehler in der Bestimmung der Titrirflüssigkeit, — begangen von meinem damaligen Gehülfen, — wie ich anderweitig längst selbst hervorgehoben habe, die absoluten Werthe der gefundenen Harnstoffmengen unrichtig angegeben, doch waren hierdurch die relativen Veränderungen im Harnstoffgehalt, auf welche ich Werth legte, nicht berührt.

*) Arch. f. exp. Pathol. etc. 1882, 30. Mai.

IV. Physiologie des Nervensystems*).

1. Ueber den Einfluss der hinteren Nervenwurzeln des Rückenmarkes auf die Erregbarkeit der vorderen.

(Berichte der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, 1865.)

Einige pathologische Beobachtungen, besonders aber die Bewegungsstörungen bei Tabetischen, machten es mir in hohem Grade wahrscheinlich, dass die Erregbarkeit der Muskeln resp. die ihrer Nerven sich in einer gewissen Abhängigkeit von dem Zustande der hinteren Wurzeln befinde. Ich stellte daher im physiologischen Institut des Herrn Prof. C. Ludwig zu Leipzig eine Reihe von Versuchen zur Eruirung dieser Abhängigkeit an.

Die Frage, welche ich zu lösen beabsichtigte, lautete dahin: üben die hinteren Wurzeln einen Einfluss auf die Erregbarkeit der motorischen Gebilde, auch wenn von aussen her kein künstlicher Reiz auf sie einwirkt.

Um sie zu entscheiden genügte der Nachweis, dass die Reizbarkeit der vorderen Wurzeln nach Durchschneidung der hinteren geringer sei als vor dieser Operation. Die Hoffnung, diesen Nachweis liefern zu können, beruhte darauf:

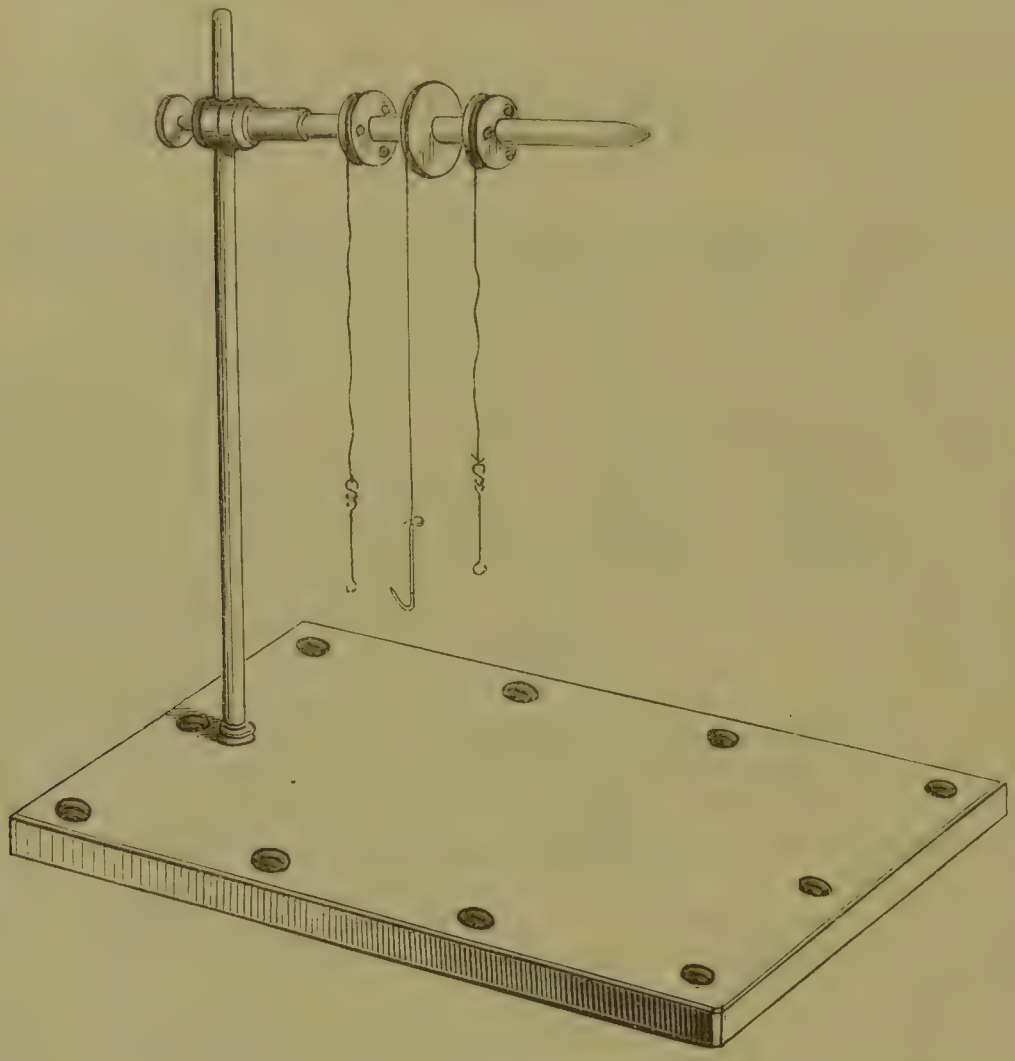
1) Dass man im Stande war, die Wurzeln ohne schädliche Folgen für ihre Lebenseigenschaft auf die Reizträger zu bringen. Dies erreichte ich durch folgende Mittel:

a) Durch die Art der Reizträger (s. Figur auf umstehender Seite). Auf dem Brette, auf welchem ein Frosch mittelst Bänder befestigt war, befand sich in einer verschiebbaren Hülse in senkrechter Stellung ein metallischer Stab, und auf diesem bewegte sich eine Glasstange. Auf dieser letzteren waren drei Rollen angebracht, an denen drei Häkchen herunterhingen. Die mittlere Rolle war aus Elfenbein und das von ihr herabhängende Häkchen aus Glas. Die übrigen zwei Rollen waren aus Kork mit metallischen Ringen, an denen mittelst Goldfäden metallische Häkchen beweglich befestigt waren. Die Electroden wurden an diese metallischen Ringe befestigt. Nach Eröffnung der unteren Partie des Wirbelkanals legte ich die hinteren Wurzeln möglichst schonend auf das

---

* Siehe die vorgehenden Capitel wegen der Untersuchungen über die Nerven des Herzens und der Gefässe, sowie über das Gefässnervencentrum. Meine in einem besonderen Bande „Principes d'Electrotherapie, Paris 1873" von der Pariser Academie gekrönte Preisschrift, enthaltenen electrophysiologischen Untersuchungen sind in dieser Sammlung vereinzelter Abhandlungen nicht abgedruckt worden.

Glashäkchen; die vorderen Wurzeln wurden auf die metallischen Häkchen gebracht. Diese nach Angabe des Prof. Ludwig construirten Reizträger fand ich unter mehreren von mir erprobten am bequemsten und am sichersten. Bei dieser Vorrichtung lässt sich der Versuch mit grosser Leichtigkeit ausführen.



b) Um während des Versuchs die Wurzeln vor Verdunstung zu schützen, wurde die ganze eben beschriebene Vorrichtung unter einen Kasten aus Glasscheiben gebracht; aus ihm führten die Leitungsschnüre, welche die Electroden mit dem Inductionsapparat in Verbindung setzten, und in ihm waren während des Versuches feuchte Papiere enthalten.

c) Bevor ich die hinteren Wurzeln durchschnitt, prüfte ich dieselben jedesmal auf ihre Unversehrtheit durch einen Reflexversuch. Zum Versuch verwendete ich nur solche Frösche, bei welchen ein leichter Hautreiz eine Reflexbewegung hervorbrachte. Nach einer sorgfältigen Präparation hatte, so schien es, die Reflexempfindlichkeit kaum abgenommen: in wie weit dieses der Fall, hätte freilich nur entschieden werden können durch Vergleichung der Erregbarkeit vor und nach der Operation. Solche Versuche habe ich nicht angestellt, da es mir nur darauf ankam zu wissen, ob die hinteren Wurzeln noch lebhaft empfindlich seinen.

d) Die Reizbarkeit der vorderen Wurzeln prüfte ich wiederholt vor

der Durchschneidung der hinteren. Es schien mir, als sei der Einfluss der hinteren auf die Erregbarkeit der vorderen nur dann festgestellt, wenn eine bis dahin constant gebliebene Reizbarkeit plötzlich vermindert wird durch die Zerschneidung der hinteren Wurzeln. Unmittelbar nachdem die vorderen Wurzeln auf die Electroden gelegt worden sind, pflegt die Reizbarkeit gewöhnlich etwas zu sinken; nach Verfluss einiger Minuten bleibt sie dann meist constant; war dieses 5 Minuten hindurch geschehen, so wurden plötzlich die hinteren Wurzeln durchschnitten. Ich brauche kaum hinzuzusetzen, dass der prüfende Reiz, weil er ein minimaler und ein kurzdauernder war, keine merkliche Ermüdung hinterliess.

2) Da die Erregbarkeit der vorderen Wurzeln durch die Stärke des Reizes geprüft werden musste, die eben hinreichte, um einen bestimmten Muskel, den reizbarsten oder den vom Reize am günstigsten getroffenen (wie ich beobachtet habe, immer die Beuger der Hinterbeine), der unteren Extremitäten in Zuckung zu versetzen, so war ein constanter Reiz nothwendig, und insofern es sich um Auffassung sehr geringer Unterschiede handelte, — ein sehr fein abstufbarer. — Ich benutzte daher zur Erregung von Inductionsströmen ein ganz schwach gefülltes Bunsen'sches Element. Aus dem Inductionsapparate waren alle Stäbe entfernt. — Da Jos. Henry nachgewiesen hat, dass in den gewöhnlichen Inductionsapparaten die Schliessungsschläge viel schwächer als die Oeffnungsschläge sind, so benutze ich einen Schlittenapparat, an dem zur Vermeidung dieses Uebelstandes eine Helmholtz'sche Vorrichtung angebracht war. — Den Reiz liess ich um mehrere Secunden andauern, lange genug, um die Summirung der einzelnen Schläge zu gewähren, und doch kurz genug, um die Reizbarkeit der direct getroffenen Nervenstelle nicht zu beeinträchtigen.

3) Die hinteren Wurzeln wurden mit einer scharfen Scheere rasch und möglichst schmerzlos durchschnitten, damit durch diese Operation kein neuer Reiz eingeführt werden soll. Treten bei der Durchschneidung Krämpfe ein, so misslingt in der Regel der Versuch infolge des hinzugetretenen Reizes.

Aus den zahlreichen von mir zu diesem Zwecke mit der grössten Sorgfalt angestellten Versuchen führe ich als Probe folgende an.

Zeit. Uhr.	Min.		Stand der secundären Rolle beim Eintritt der kleinsten Zuckung in den Zehenbeugern.
		1. Versuch.	
9	30	Blosslegung der Wurzeln und Auflegen derselben auf die Reizträger.	Entfernung der Rolle von O.
9	33	. . . . .	4 C.
9	40	. . . . .	4 C.
9	40	Durchschneidung der hinteren Wurzeln .	7—8 C.
9	42	. . . . .	8 C.
9	50	. . . . .	8 C.
9	55	Anlegen der Wurzeln der anderen Seite auf die Reizträger.	
9	56	. . . . .	5 C.
10	2	. . . . .	5 C.
10	2	Durchschneidung der hinteren Wurzeln .	8 C.
10	15	. . . . .	8 C.

Zeit. Uhr.	Min.		Stand der secundären Rolle beim Eintritt der kleinsten Zuckung in den Zehenbeugern.
		2. Versuch.	
4	10	Blosslegung der Wurzeln und Anbringung derselben auf die Reizträger	Entfernung der Rolle von O.
4	12	. . . . .	$1^1/_2$ C.
4	20	. . . . .	$1^1/_2$ C.
4	20	Durchschneidung der hinteren Wurzeln .	5 C.
4	30	. . . . .	5 C.
4	32	Auflegen der Wurzeln der anderen Seite auf die Reizträger.	
4	32	. . . . .	3 C.
4	40	. . . . .	3 C.
4	40	Durchschneidung der hinteren Wurzeln .	6 C.
4	50	. . . . .	$6^1/_2$ C.
		3. Versuch.	
11	30	Blosslegung der Wurzeln und Auflegen auf die Reizträger.	
11	32	. . . . .	$3^1/_2$—4 C.
11	40	. . . . .	4 C.
11	40	Durchschneidung der hinteren Wurzeln	7—$7^1/_2$ C.
11	43	. . . . .	8 C.
11	50	. . . . .	8 C.
11	55	Auflegen der Wurzeln der anderen Seite auf die Reizträger.	
11	58	. . . . .	6 C.
12	6	. . . . .	6 C.
12	6	Durchschneidung der hinteren Wurzeln .	8 C.
12	16	. . . . .	$8^1/_2$ C.
		4. Versuch.	
4	15	Blosslegung der Wurzeln und Auflegen auf die Reizträger.	
4	20	. . . . .	1 C.
4	25	. . . . .	1 C.
4	25	Durchschneidung der hinteren Wurzeln .	5 C.
4	32	. . . . .	$5^1/_2$ C.
4	35	Auflegen der Wurzeln der anderen Seite auf die Reizträger.	
4	37	. . . . .	3 C.
4	45	. . . . .	3 C.
4	45	Durchschneidung der hinteren Wurzeln .	6 C.
4	50	. . . . .	$6^1/_2$ C.
4	55	. . . . .	$6^1/_2$ C.

Aus diesen Versuchen ist also zu schliessen, dass durch Vermittlung der hinteren Wurzeln den vorderen ein höherer Erregbarkeitsgrad ertheilt werde.

Unter allen bekannten Versuchen schliessen sich, wie es scheint, die meinen am nächsten denjenigen an, welche Brondgeest über den Tonus der Muskeln eines decapitirten Frosches angestellt hat. Die schwache tetanische Zusammenziehung, welche Brondgeest beobachtet hat, rührt bekanntlich von einer reflectorischen Erregung her. Dieses wird dadurch bewiesen, dass nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln

die Zusammenziehung der Muskeln nachlässt und noch mehr dadurch, dass die Muskelgruppen, auf welche sich der von Brondgeest beobachtete Tetanus beschränkt, gerade dieselben sind, welche auch durch einen Hautreiz zumeist in reflectorische Zuckungen gerathen.

Geht man von der unverfänglichen Annahme aus, dass ein Muskelnerv, der schon in schwacher Erregung begriffen ist, durch einen neu hinzutretenden Reiz eher eine merkliche Zuckung erzeugen kann als ein solcher, dem jener erste Erregungsgrad fehlt, so wird man geneigt sein, meinen Versuch nur als eine andere Modification des Brondgeest'schen anzusehen. Ich würde mich ebenfalls dieser Meinung anschliessen, wenn mich hiervon nicht mehrere Bedenken abhielten.

Zunächst fand ich, dass allerdings die Nerven der Muskeln, welche vom Brondgeest'schen Tonus ergriffen werden, bei unversehrten hinteren Wurzeln auch vorzugsweise reizbar sind; doch ist dieses keineswegs ausschliesslich der Fall, da auch die Streckmuskeln der unteren Extremität, welche doch zu den Hautnerven in einer weniger ausgesprochenen Beziehung stehen, bei Unversehrtheit der hinteren Wurzeln ebenfalls reizbarer waren als nach Verletzung derselben. Hierdurch wird allerdings kein grundsätzlicher Unterschied zwischen beiden Beobachtungsreihen begründet, da möglicherweise auch durch die reflectorische Erregung die Streckmuskeln getroffen werden.

Einem ähnlichen Einwand scheint ein zweites Bedenken nicht zu unterliegen. Bekanntlich wird die reflectorische Erregbarkeit der hinteren Extremität sehr erhöht durch einen Schnitt, welcher das Rückenmark vom Hirn trennt. Wäre also die erhöhte Erregbarkeit der vorderen Wurzeln unter dem Einfluss einer reflectorischen Wirkung der hinteren zu Stande gekommen, so hätte man erwarten müssen, dass die Durchschneidung des Rückenmarkes die Reizbarkeit der vorderen Wurzeln noch weiter gesteigert hätte.

Der Versuch ergab jedoch das Gegentheil. Aus einer grösseren Zahl von Versuchen theile ich die zwei folgenden als Proben mit. In dem ersten von beiden wurde zuerst die Reizbarkeit der vorderen Wurzeln vor und dann nach allmälig fortschreitender Abtragung des Rückenmarkes bei erhaltenen hinteren Wurzeln geprüft. In dem zweiten wurden vor der Zerschneidung des Rückenmarkes auch die hinteren Wurzeln durchtrennt.

Zeit. Uhr.	Min.		Stand der secundären Spirale beim Eintritt der kleinsten Zuckung.
		5. Versuch.	
9	45	Blosslegung des ganzen Wirbelcanals.	Entfernung der Rolle von O.
9	50	. . . . .	4 C.
9	54	. . . . .	4 C.
9	55	Abtragung der Grosshemisphären . . .	5 C.
9	56	Abtragung der Thalami opt.	7 C.
9	58	Abtragung der Corp. quadr.	7 C.
10	—	Abtragung der Medulla oblongata . . .	9 C.
10	2	Schnitt in der Mitte der Rautengrube. .	$8^1/_2$ C.
10	5	Schnitt in der Höhe des Plexus brach. .	10 C.
10	8	Durchschneidung der hinteren Wurzeln .	12 C.
10	14	. . . . .	12—13 C.

Zeit. Uhr.	Min.		Stand der secundären Spirale beim Eintritt der kleinsten Zuckung.
		6. Versuch.	
5	10	Blosslegung des Wirbelcanals.	Entfernung der Rolle von O.
5	15	. . . . .	2 C.
5	20	. . . . .	2 C.
5	20	Durchschneidung der hinteren Wurzeln .	5 C.
5	22	Abtragung der Grosshemisphären . . .	5 C.
5	24	Abtragung der Thalami opt.	5 C.
5	26	Schnitt durch die vordere Fläche der Medulla oblongata	4 C.
5	28	Abtragung der Medulla oblongata . . .	5 C.
5	30	Schnitt in der Mitte der Rautengrube. .	4 C.
5	33	Schnitt in der Höhe des Plexus brach. .	5 C.
5	35	Schnitt einige Millimeter tiefer	5 C.
5	37	Durchschneidung der vorderen Wurzeln .	$3^1/_2$ C.
5	45	. . . . .	6 C.

Aus diesen und einer ganzen Reihe gleichlautender Versuche ist ersichtlich, dass wenn die hinteren Wurzeln intact sind, so bringt die Abtragung von verschiedenen Hirn- und Rückenmarkspartien ein Sinken der Erregbarkeit der vorderen Wurzeln hervor. Sind aber die hinteren Wurzeln durchschnitten, so sinkt die Erregbarkeit der vorderen gleich nach dieser Operation, um dann bei Abtragung von Partien des Hirns und Rückenmarkes mit unbedeutenden Schwankungen constant zu bleiben. Diese Ergebnisse lassen zwei Interpretationen zu. Entweder die sensiblen Nerven werden selbständig vom Rückenmark aus erregt und sind in Folge dessen befähigt an der Peripherie auf die motorischen Nerven oder die Muskeln zu wirken. Ich brauche kaum zu erwähnen, dass dieser Annahme weder anatomische Gründe noch physiologische Analogien das Wort reden. Oder die Orte der nervösen Centren, an welchen die motorischen Nerven durch die sensiblen beeinflusst werden, sind mehrfache; wäre dieses der Fall, so würde damit eine wesentliche Verschiedenheit zwischen meinen und Brondgeest's Versuchen erwiesen sein.

---

2. Zur Abwehr wider eine in Herrn Prof. Meissner's physiologischem Bericht enthaltene Bemerkung.

Schreiben an Herrn Professor du Bois-Reymond.

(Archiv von Reichert und du Bois-Reymond, 1867.)

— Unlängst nach Deutschland zurückgekehrt, fand ich in der Zeitschrift für rationelle Medicin von Henle und Pfeuffer (Bd. XXVII, 2. und 3. Heft, S. 384 u. f.) ein von Hrn. Prof. Meissner verfasstes Referat meiner Arbeit: „Ueber den Einfluss der hinteren Wurzeln u. s. w." Dieses Refarat enthält mehrere aus einem Missverständnisse entstandene unrichtige Angaben, deren Berichtigung für mich um so noth-

wendiger ist, als dieselbe Arbeit auch nach anderen Seiten hin zu ähnlichen Missverständnissen Veranlassung gegeben hat.

In dem Meissner'schen Referate heisst es unter Anderem: „Die früheren, diese Frage betreffenden Untersuchungen von Harless, welche Cyon gar nicht erwähnt, unterscheiden sich von denen des Verfassers nur darin, dass Harless nicht die vorderen Wurzeln, sondern den gemischten Stamm reizte vor und nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln, und dass Harless nicht mit den wirksamen Inductionsschlägen reizte wie Cyon, sondern mit Schluss und Oeffnung des mittelst Rheostaten abgestuften constanten Stromes. — Die Resultate beider Untersuchungen stimmen überein." — Einige Worte werden genügen, um zu zeigen, dass nicht nur mein Versuchsverfahren ganz von dem Harless'schen verschieden, sondern das dasselbe auch der Fall mit unseren Resultaten ist, welche in einer Hinsicht sogar als entgegengesetzte bezeichnet werden können.

Was zuerst unsere Resultate anlangt, so glaubte Harless sich aus seinen Versuchen zu dem Schlusse berechtigt, dass vom Rückenmarke aus in centrifugaler Richtung durch die hinteren Wurzeln fortwährend erregende Einflüsse auf die Muskeln oder Endausbreitungen der motorischen Nerven übertragen werden. Meine Versuche im Gegentheil zwangen mich zu dem Schlusse, dass vermittelst der hinteren Wurzeln im Rückenmarke selbst eine fortdauernde reflectorische Erregung (Tonus) der vorderen Wurzeln stattfinde.

Die Harless'schen Schlüsse sind, wie ich mich durch directe Controlversuche überzeugt habe, irrthümlich, und zwar liegt die Ursache seines Irrthums eben da, wo sein Versuchsverfahren sich von dem meinigen unterscheidet. Harless prüfte nämlich mittels Schluss und Oeffnung einer constanten Kette die Erregbarkeit eines gemischten Nerven vor und nach Durchtrennung der hinteren Wurzeln; nun ist es klar, dass, wenn die von ihm vorausgesetzten erregenden Einflüsse, die vom Rückenmarke aus centrifugal auf die Muskeln und zwar durch Vermittelung der sensiblen Nerven übertragen werden sollten, auch wirklich existirten, Harless mittels seiner Methode deren Wegfall nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln doch nicht beobachten konnte, da er ja bei der Erregbarkeitsprüfung am gemischten Nerven durch gleichzeitige Reizung der sensiblen Fasern diese Einflüsse künstlich ersetzte. Derselbe Einwand gilt gegen seinen Versuch mit Reizung des peripherischen Stumpfes der hinteren Wurzeln mittels Kochsalzes, bei gleichzeitiger electrischer Erregung des gemischten Nerven. — Die unbedeutenden von Harless beobachteten Erregbarkeitsschwankungen sind wahrscheinlich dem von ihm gebrauchten Rheostaten zuzuschreiben, dessen Unzuverlässigkeit für Messungen der Stromstärke von Ihnen schon längst nachgewiesen wurde.

Die Harless'schen Versuche waren mir bei der Anstellung der meinigen bekannt, und wenn ich mich auf deren Widerlegung in der der kurzen Mittheilung meiner Versuche nicht eingelassen habe, so geschah dies hauptsächlich aus Rücksicht gegen diesen erst kürzlich hingeschiedenen Forscher. In einer Arbeit über Tabes dorsalis (Die Lehre von der Tabes dorsualis, Berlin 1867) habe ich mich leider über diese Versuche etwas weitläufiger auslassen müssen, um den bei einigen

Neuropathologen wurzelnden Glauben an die Richtigkeit derselben zu erschüttern.

Bei Erwähnung meiner Worte: „Die Orte der nervösen Centren, an welchen die motorischen Nerven durch die sensiblen beeinflusst werden, könnten mehrfache sein," beschuldigt mich Hr. Prof. Meissner der Wortkargheit. Ich glaube durch die von ihm citirten Worte deutlich genug ausgedrückt zu haben, dass meine Versuche mit Durchschneidungen des Rückenmarkes darauf hinweisen, dass es im Rückenmarke mehrere Stellen geben mag, an welchen die Erregungen von den sensiblen Partieen auf die motorischen Wurzeln übertragen werden. Wollte ich mehr über diesen Gegenstand aussagen, so würde ich mich leicht dem viel gerechtfertigteren Vorwurfe der überflüssigen Geschwätzigkeit ausgesetzt haben.

Leipzig, 29. Juni 1867.

---

3. Ueber den Einfluss der hinteren Wurzeln auf die Erregbarkeit der vorderen.

Zur Abwehr der Herren A. v. Bezold und Dr. Uspensky aus Petersbourg.

(Centralblatt für medicinische Wissenschaften, 1876, No. 41.)

In No. 39 dieser Zeitschrift veröffentlichen die genannten Beobachter einige Versuche, die meine frühere Arbeit über denselben Gegenstand widerlegen sollen.

Weit davon entfernt die Bezold'schen und Uspensky'schen Versuche im Widerspruche mit den meinigen zu finden, kann ich sie im Gegentheil nur als willkommene Bestätigung meiner eigenen Resultate betrachten. Ich sah mich nämlich aus den Ergebnissen meiner früheren Versuche zu dem Schlusse genöthigt, dass den vorderen Wurzeln im Rückenmarke vermittels der hinteren fortwährend ein gewisser Erregbarkeitsgrad mitgetheilt wird und zwar durch eine Summirung der auf die peripherischen sensiblen Partien einwirkenden Reize. Einige theoretische Bedenken erhoben sich nur gegen die Möglichkeit, dass peripherische Reize im Stande sein sollen, die Erregbarkeit gewisser Rückenmarkspartien zu erhöhen, Bedenken, die übrigens von Seiten des Hrn. Dr. Hermann in seiner letzten Schrift mit der ihm eignen geistreichen Schärfe gehoben worden. — Die Herren A. v. Bezold und Uspensky beweisen nun durch directe Versuche die Möglichkeit, ja Nothwendigkeit einer solchen Erregbarkeitserhöhung der vorderen Wurzeln bei Reizung peripherischer sensibler Nervenausbreitungen. — Diese Beobachter bestreiten nun, dass im Rückenmarke eine fortwährende specifische*) Einwirkung der hinteren Wurzeln auf die Erregbarkeit der vorderen, wie ich es annehmen soll, existire. Eine einfache Ueberlegung zeigt aber, dass wenn nachgewiesen, dass peripherische Reizung eine Erregbarkeitserhöhung der vorderen Wurzeln veranlassen müsse, meine Annahme, dass eine solche Erregbar-

*) Von einer specifischen Einwirkung ist in meiner Arbeit nie die Rede gewesen.

keitserhöhung fortwährend stattfinde, sich von selbst ergiebt; da ja unsere sensiblen Hautpartien fortwährend den mannigfachen Erregungen (Temperaturveränderungen, Luftzüge, Reibung der Kleidungsstücke etc.) ausgesetzt sind. Schon das blosse Anfassen der Frösche und Befestigen an's Brett theilt ihnen eine nicht unbeträchtliche Anzahl sensibler Eindrücke mit. Wenn die genannten Beobachter unter 60 Versuchen nur 2 Mal die von mir beschriebene Erregbarkeitsverminderung gesehen haben wollen, so liegt der Grund davon, wie sie selbst vermuthen, in der Verschiedenheit unserer Versuchsmethoden. Die Hauptverschiedenheit ist aber nicht, wie diese Beobachter es glauben, die, dass sie ihre Versuche an mit Curare vergifteten Fröschen anstellten, sondern dass sie, um die untersuchte Extremität vor diesem zu schützen, dieselbe vorher unterbunden haben. Dieser letzte Eingriff, der im besten Falle nur eine Aufhebung der Circulation in der betreffenden Extremität zur Folge haben muss, ist an sich schon eine so reiche Fehlerquelle, dass er alle von Bezold und Uspenksy an vergifteten Fröschen angestellte Versuche vollständig werthlos macht. Sollte es diesen Beobachtern auch in der Mehrzahl der wenigen an unvergifteten Fröschen angestellten Versuche misslungen sein, die Verminderung in der Erregbarkeit der vorderen Wurzeln wahrzunehmen, so dürfte dieses Missliugen wenigstens von Seiten des Hrn. v. Bezold Niemand überraschen. Diese Versuche sind äusserst zart und habe ich genau angegeben, dass sie nur in der Mehrzahl dann gelingen, wenn sämmtliche Cautelen genau beobachtet werden.

Leipzig, den 10. September.

---

4. Ueber den Tonus der willkürlichen Muskeln.

(Bulletin de l'Academie des Sciences de St.-Petersbourg, 22. December 1870.)

Im Jahre 1865 theilte ich der Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften meine Untersuchungen*) über den Einfluss der hinteren Rückenmarkswurzeln auf die Erregbarkeit der vorderen mit. Das Hauptergebniss dieser Untersuchungen war der Nachweis, dass die vorderen Wurzeln sich in einer stetigen tonischen Erregung befinden, welche ihnen von der Peripherie her durch die hinteren Wurzeln zugeführt wird. Dieser Nachweis bestätigte also das Vorhandensein des von Brondgeest zuerst beobachteten Reflextonus der Muskeln.

Einige Jahre darauf veröffentlichten die Hrn. von Bezold und Uspensky im Centralblatt**) für medicinische Wissenschaften folgende Ergebnisse ihrer Versuche über denselben Gegenstand. 1) Peripherische Erregungen sensibler Nerven sind im Stande, die Erregbarkeit der vorderen Wurzeln zu erhöhen. 2) Die Erregbarkeit der vorderen Wurzeln

*) Siehe oben.

beginnt vom Moment der Eröffnung der Wirbelsäule an rasch zu sinken; dieses Sinken wird durch die Durchschneidung der hinteren Wurzeln nicht beschleunigt. Diese zweite Thatsache stand also im vollständigen Widerspruch mit den von mir beobachteten Erscheinungen, ein Widerspruch, der um so auffallender war, da die unter 1 von Bezold mitgetheilte Thatsache — nämlich, peripherische Reizungen sensibler Nerven erhöhen die Erregbarkeit der vorderen Wurzeln — die Nothwendigkeit der von mir erhaltenen Resultate bedingte. Es unterliegt ja keinem Zweifel, dass die peripherischen Endigungen der sensiblen Nerven durch Temperaturveränderungen, Reibungen der Kleidungsstücke (bei meinen Versuchen an Fröschen: die Befestigung des Thieres an's Brett und die Eröffnung der Wirbelsäule) den Gefühlsnerven eine ganze Reihe von Erregungen mittheilen. Wenn also die Behauptung Bezold's sub 1 richtig ist, so müssten die vorderen Wurzeln sich in fortwährender Erregung befinden, welche Erregung durch Durchschneidung der hinteren Wurzeln verschwinden muss; und doch hat Hr. von Bezold bei seinen Versuchen keine Veränderung der Erregbarkeit der vorderen Wurzeln bei Durchschneidung der hinteren beobachten können.

Es fiel mir nicht schwer, die Ursache dieses scheinbaren Widerspruchs in einem methodischen Versehen, welches Hr. v. Bezold bei der Wiederholung meiner Versuche begangen hat, zu finden. Bezold experimentirte nämlich an durch Curare bewegungslos gemachten Fröschen, bei denen er also gezwungen war, um einer Lähmung der zu untersuchenden Extremität vorzubeugen, sämmtliche Blutgefässe derselben zu unterbinden. Diese Unterbindung setzt, sowohl durch Unterbrechung der Circulation, als auch durch bei dieser Operation unumgängliche mechanische Beschädigung der Nervi ischiadici die Erregbarkeit sämmtlicher Nerven der Extremität so bedeutend herab, dass der feinere Einfluss der hinteren Wurzeln gegen dieses Herabsetzen verschwindet. Die ganze Reihe von Versuchen, welche also Bezold an curarisirten Thieren angestellt hat, büsst durch dieses Versehen jede Beweisfähigkeit ein.

In meiner bezüglichen Antwort*) an Bezold machte ich ihn auf dieses Versehen aufmerksam, und suchte Bezold in seinen späteren Mittheilungen diesen meinen Einwand durch die Behauptung zu entkräften, dass die so operirten Extremitäten noch erregbar waren, und dass er an ihnen noch die Erhaltung des Brondgeest'schen Tonus constatiren konnte. Die erste Behauptung ist darum nicht beweisfähig, da zum Misslingen meiner Versuche durchaus kein totaler Verlust der Erregbarkeit erforderlich, sondern dazu schon eine geringe Abnahme genügt. Ein vom Körper getrennter Nerv bleibt auch noch ziemlich lange erregbar, was natürlich durchaus nicht sagen will, dass der Nerv durch seine Trennung überhaupt keine Einbusse an Erregbarkeit erlitten hat.

Was nun seine Behauptung anbetrifft, er habe bei den so operirten Fröschen den Brondgeest'schen Tonus beobachten können, so beweist dieselbe, dass Hrn. v. Bezold der eigentliche Sinn meiner Untersuchungen entgangen ist. Wie schon oben erwähnt, haben meine Versuche nur das Ergebniss geliefert, dass die vorderen Wurzeln auf dem Wege der hin-

*) Siehe oben.

teren in einer reflectorischen Erregung, also in einem Reflextonus sich befinden: diese Versuche haben also nur das Vorhandensein des Brondgeest'schen Tonus bestätigt. In meiner der Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften gemachten Mittheilung constatire ich (s. oben Seite 201) die Analogien, welche zwischen den Brondgeest'schen und meinen Resultaten bestehen; der Unterschied bestand nur in der Beobachtungsmethode und darin, dass ich gezeigt habe, diese reflectorische Erregung werde an mehreren Stellen des centralen Nervensystems auf die vorderen Wurzeln übertragen. Nun führt Bezold das Erhaltensein des Brondgeest'schen Tonus als Beweis dafür an, dass die Unterbindung der Blutgefässe von keinem Einflusse auf die Erregbarkeit der Nerven der untersuchten Extremität war, er erkennt also die Existenz und Bedeutung des Brondgeest'schen Reflextonus an. - Wie kann er also die Richtigkeit meiner Resultate bestreiten, welche auch nur die Existenz dieses Tonus beweisen?

Hr. v. Bezold hat übrigens später selbst eine grössere Anzahl von Versuchen an nicht curarisirten Fröschen gemacht, wobei er also die Unterbindung vermied. Aber auch bei auf diese Weise angestellten Versuchen konnte Bezold nicht das von mir beschriebene plötzliche Sinken der Erregbarkeit sofort nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln beobachten. Er beobachtete immer nur ein stetiges Sinken der Erregbarkeit der vorderen Wurzeln, welches durch Durchschneidung der hinteren nicht beschleunigt wurde. Von der vollständigen Richtigkeit meiner an mehr als 200 Versuchen constatirten Beobachtungen überzeugt (ich habe meine Versuche mehreren Fachgenossen mit glücklichem Erfolge demonstrirt, am häufigsten meinem verehrten Lehrer Hr. Prof. Ludwig, in dessen Laboratorium diese ganze Untersuchung ausgeführt wurde) konnte ich das Misslingen der Versuche des Hrn. v. Bezold nur einer nicht sorgfältig genug ausgeführten Präparation der Wurzeln zuschreiben, ein Hinweisen, das nicht im Geringsten den Zweck hatte, Hrn. v. Bezold als Vorwurf zu gelten, sondern nur die einzig mögliche Ursache des Widerspruchs aufdecken sollte, welcher sowohl zwischen seinen und meinen Resultaten, als auch zwischen denen, die er selbst sub. 1 und sub. 2 erhielt, bestand.

Die von Uspensky später gelieferte ausführliche Mittheilung*) der Bezold'schen Versuche bewies nur zu gut, dass die von mir gegebene Erklärung die richtige war. Um zu beweisen, dass die von mir beobachtete Herabsetzung der Erregbarkeit nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln nur eine Fortsetzung des stetigen Sinkens der Erregbarkeit in Folge der Eröffnung der Wirbelsäule sei, führt Uspensky eine grosse Anzahl von Beispielen an, die wirklich beweisen, dass in den Bezold'schen Versuchen die Erregbarkeit der vorderen Wurzeln mit einer ungeheuren Geschwindigkeit zu sinken begann, sobald sie in Berührung mit den Electroden kamen. In diesen Versuchen sank die Erregbarkeit während 25—30 Min. so schnell, dass die eine Spirale des Inductionsapparates der anderen um mehr als 200 Mm. genähert werden musste, um noch dieselbe Minimalzuckungen wie im Beginn des Versuches, hervorzurufen. Ein so schnelles Sinken der Erreg-

*) Arbeiten aus dem Würzburger Laboratorium, 3. Heft, 1868.

barkeit konnte nur daher rühren, dass sowohl die hinteren als auch die vorderen Wurzeln bei der Präparation beschädigt waren, und dass sie auch später während des Versuches vor Austrocknen und anderen schädlichen Einwirkungen nicht hinlänglich geschützt waren. Bei einer vorsichtigen Präparation und hinlänglichem Schutz der Wurzeln bleibt die Erregbarkeit derselben während 20—30 Min. und oft noch länger unverändert, nachdem sie sofort beim Auflegen auf die Electroden um ein Paar Mm. gesunken ist. In meiner ersten Mittheilung zähle ich unter der Rubrik C. alle Cautelen auf, die bei meinen Versuchen beobachtet werden müssen, und sage unter anderem: dass ich nach Blosslegung der Wirbelsäule die Extremitäten immer auf ihre Reflexfähigkeit untersuchte, und wenn dieselbe irgendwie geschwächt erschien, so benutzte ich den Frosch nicht weiter zum Versuch aus Befürchtung, die hinteren Wurzeln seien bei der Operation verletzt. In der Rubrik D sage ich ausdrücklich, dass ich die hinteren Wurzeln nicht eher durchschnitt, als nachdem ich mich überzeugt hatte, dass die Erregbarkeit der vorderen wenigstens während 5 Min. unverändert geblieben war. In den Bezold'schen Versuchen dagegen sank die Erregbarkeit der vorderen Wurzeln jede Min. um 4—5 Mm.; er hatte es also entschieden mit absterbenden und zerquetschten Wurzeln zu thun, und war es jedenfalls im höchsten Grade verfehlt, feine Veränderungen, die, wie meine Versuche zeigen, nie 40 Mm. überschreiten, durch Versuche ermitteln zu wollen, bei denen die Versuchsfehler allein 220 Mm. betrugen.

Sogar nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln blieb die plötzlich gesunkene Erregbarkeit während der ersten 15 Min. ziemlich constant. Selbst bei sorgfältig ausgeschnittenen, also vom centralen Nervensystem getrennten und der Circulation beraubten Nerven bleibt ja die Erregbarkeit viel länger unverändert, als es in den Bezold'schen Versuchen bei nur blossgelegten Wurzeln der Fall war. Sonst wären ja alle electrophysiologischen Versuche an ausgeschnittenen Nerven geradezu unausführbar.

Hr. Dr. P. Guttmann hat im du Bois'schen Laboratorium meine Versuche wiederholt und meine Angaben durchweg bestätigt gefunden; in seiner Mittheilung*) führt er als Beipiel einen Versuch an, in welchem die während 10 Min. unverändert gebliebene Erregbarkeit der vorderen Wurzeln sofort nach Durchschneidung der hinteren um 20 Mm. gesunken. Auch in diesem Versuche will Bezold die Fortsetzung eines ununterbrochen vor sich gehenden Sinkens der Erregbarkeit bemerken, eines Sinkens, welches durch die Durchschneidung nicht beschleunigt wurde!

In einigen Fällen hat Bezold bei Durchschneidung der hinteren Wurzeln sogar eine Erhöhung der Erregbarkeit der vorderen Wurzeln beobachtet. Im dritten § meiner ersten Mittheilung mache ich schon darauf aufmerksam, dass, wenn die Durchschneidung nicht vorsichtig und ohne Schmerz zu erzeugen vorgenommen ist, man statt der Erregbarkeitserniedrigung eine Erregbarkeitserhöhung beobachtet. Wie ja in solchen Fällen nicht anders zu erwarten, wird die durch unvorsichtige Durchschneidung der hinteren Wurzeln hervorgerufene Erregung derselben so-

*) Centralblatt No. 44, 1867.

fort auf die vorderen Wurzeln übertragen. Diese momentane Erhöhung der Erregbarkeit der vorderen Wurzeln kann also nur als Bestätigung der allgemeinen Resultate meiner Versuche gelten.

Aus den 3 Versuchsreihen, welche Hr. v. Bezold zur Widerlegung meiner Resultate angestellt, hat die unter I nicht nur meine Resultate nicht widerlegt, sondern die Nothwendigkeit derselben a priori nachgewiesen. Die zweite an curarisirten Fröschen angestellte Reihe von Versuchen enthält einen Versuchsfehler, zu dessen Rechtfertigung Hr. v. Bezold zur Anerkennung des Vorhandenseins des Brondgeest'schen Tonus seine Zuflucht nehmen muss; folglich muss er auch die Richtigkeit meiner Resultate anerkennen, welche auch nur die Existenz dieses Reflextonus nachweisen. Die dritte an unvergifteten Fröschen angestellte Versuchsreihe hat, wie aus der von Uspensky gemachten ausführlichen Mittheilung evident ist, nur erwiesen, dass ich das Richtige getroffen hatte, als ich in meiner ersten Erwiderung das Misslingen der Bezold'schen Versuche der Nachlässichkeit beim Experimentiren zugeschrieben habe.

Die Richtigkeit meiner Untersuchungen hat sich also durch die Anfechtungen von Seiten des Hr. v. Bezold nur noch evidenter herausgestellt. Ich hielt es aber doch für gerathen, die Sache einer neuen Prüfung zu unterwerfen, und zwar nicht sowohl um neue direkte Beweise zu sammeln, als um durch Auffindung einer genaueren und sichereren Experimentationsmethode die Wiederholung meiner Versuche zu erleichtern. Die früher von mir und später von Bezold und Guttmann zur Messung der Erregbarkeit benutzte Methode brachte es mit sich, dass viele Versuche nicht gelingen konnten. Als Maass für die Erregbarkeit benutzte ich nämlich die Stromesstärke eines Dubois'schen Schlitten-Inductionsapparates, welche gerade genügend war, um eine minimale Zuckung in den Muskeln der Zehen zu erregen. Der Mängel dieser Messungen giebt es mehrere, von denen ich nur auf folgende aufmerksam machen will: 1) müssen beim Aufsuchen der gewünschten Stromesstärke die vorderen Wurzeln wiederholt Reizungen unterworfen werden, welche nicht ohne Einfluss auf die Erregbarkeit derselben bleiben können. 2) konnte dabei das Eintreten der minimalen Zuckung nur durch das Augenmaass geprüft werden, eine Prüfung, die natürlich weit davon entfernt ist, auf vollständige Exactheit Anspruch machen zu dürfen.

Ein viel sichereres und von den erwähnten Mängeln freies Maass für die Erregbarkeit der motorischen Nerven besitzt die Physiologie bekanntlich in der Stärke der Zuckungen, welche die Reizung der motorischen Nerven in den mit ihnen verbundenen Muskeln hervorruft.

Ich ging also darauf hinaus, eine Wiederholung meiner Versuche mit Zuhülfenahme dieser Messungsmethode zu veranlassen. Das Marey'sche Frosch-Myographion, welches die Arbeit des Gastrocnemius am unverschrten Frosche genau zu messen erlaubt, bot für eine solche Untersuchung die geeignetste Handhabe. Ich habe daher mit Stud. Steinmann die Frage über den Einfluss der hinteren Wurzeln auf die Erregbarkeit der vorderen einer neuen Untersuchung unterworfen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung folgen gleich.

Vorher will ich noch einige Worte einer denselben Gegenstand

betreffenden Mittheilung*) von Hr. Gruenhagen widmen. Hr. Gruenhagen hat es für nothwendig erachtet, meine Resultate einer längeren nicht ganz klaren theoretischen Discussion zu unterziehen. Soweit ich dieselbe verstehen konnte, ist der Schluss der Gruenhagen'schen Mittheilung folgender: wenn man seine Versuche über die Summation der Reize berücksichtigt, so ist man zu der Annahme gezwungen, dass die Uebertragung der Erregung von den hinteren Wurzeln auf die vorderen nicht direkt durch Nervenfortsätze, sondern durch Vermittelung von Ganglienzellen stattfinden muss. Ohne mich über den Werth der Gruenhagenschen Versuche über Summation der Reize weiter aussprechen zu wollen, muss ich bemerken, dass die theoretische Erörterung des Hrn. Gruenhagen wenigstens überflüssig war, da es wohl keinem Physiologen einfallen würde, eine direkte Nervenverbindung zwischen hinteren und vorderen Wurzeln im Rückenmark anzunehmen; man sich die Uebertragung der Erregungen also nur als durch centrale Nerventheile stattfindend denken kann; dies um so mehr, als schon meine erste Mittheilung über diesen Gegenstand Versuche enthält, welche den Beweis liefern, dass diese Uebertragung sogar an mehreren Stellen des Central-Nervensystems vor sich geht!

Die Versuche, deren Resultate ich hier kurz mittheilen will, wurden während des Sommers 1870 im physiologischen Laboratorium der St. Petersburger Universität angestellt.

Der Zweck dieser Versuche war, zu prüfen, ob die Erscheinungen, welche ich in den früheren Versuchen über denselben Gegenstand erhielt, sich auch durch diese neue, genauere und anschaulichere Methode würden beobachten lassen.

Wie schon in der Einleitung bemerkt wurde, zeichnet sich die von uns benutzte Methode durch das genauere Erregbarkeitsmaass vor der bei früheren Untersuchungen angewandten aus. In der That, wenn man früher die Stromstärke finden wollte, welche nöthig war, um minimale Zuckungen in den Zehen der untersuchten Extremität hervorzurufen, so musste man nothwendigerweise mehrere Stromstärken durchprobiren, bis man gerade auf die im gegebenen Falle hinreichende Stärke stiess; bei diesem Verwenden verschiedener Stromstärken wurden gewiss häufig auch zu starke Reizungen gebraucht, da es gar nicht leicht ist, die Stärke zu finden, bei welcher die minimalste Zuckung eintritt, ein Moment, welches jedenfalls ermüdend auf die Wurzeln wirkte und mithin den normalen Zustand derselben verändern musste.

Der Gastrocnemius eines auf einem Brettchen befestigten Frosches wurde mit dem Marey'schen, hinlänglich bekannten Frosch-Myographion verbunden; die Belastung betrug 20 Grm. Während des Versuches wurde der ganze Frosch mit einem Glaskasten bedeckt, unter welchen feuchtes Papier gelegt war, um dem Austrocknen des Rückenmarks vorzubeugen. Zur Reizung benutzte ich in der Mehrzahl der Fälle einzelne Schliesungsschläge, die ich durch eine besondere Vorrichtung vom du Bois'schen Schlittenapparat erhalten konnte. In dem Gebrauche einzelner Schläge liegt der grosse Vortheil, dass die Wurzeln des Thieres lange

*) Henle und Pfeiffer's Zeitschrift, 1867.

nicht so angegriffen und ermüdet werden, als dies bei Anwendung der Hammerverbindung wegen des daraus resultirenden Summirens mehrerer Inductionschläge der Fall ist.

Als Reizträger benutzte ich die früher bei meinen früheren Versuchen gebrauchten Elektroden. Die feine Platina-Feder des Marey'schen Myographion zeichnete die Contractionen des Gastrocnemius auf einem berussten Cylinder, der durch ein mit dem Foucault'schen Regulator versehenes Uhrwerk in Rotation versetzt wurde. Die Höhe der auf diese Weise erhaltenen Contractionen konnte ich dann später ganz bequem ausmessen.

Bevor wir zu der Untersuchung über den Einfluss der Durchschneidung der hinteren Wurzeln auf die Erregbarkeit der vorderen schritten, mussten wir erst feststellen, ob diese Erregbarkeit, wenn keine besonderen äusseren Einflüsse auf sie einwirken, längere Zeit constant bleibe und mithin an ihr die Beobachtung einer plötzlichen Veränderung nach der Durchschneidung der hinteren Wurzeln möglich sei. – Von den zu diesem Zweck angestellten Versuchen mögen hier 3 als Beispiele angeführt werden.

No. des Versuchs.	Zeit St. Min.	Höhe der Cont. i. Mm.	No. des Versuchs.	Zeit St. Min.	Höhe der Cont. i. Mm.	No. des Versuchs.	Zeit St. Min.	Höhe der Cont. i. Mm.
I.	1 7	25	II.	12 16	33	III.	12 45	30
	1 13	45		12 26	35		12 55	29,30
	1 23	45		12 39	36		1 5	27
	1 33	43		12 50	35		1 15	30,29
	1 43	45					1 21	29,30

Aus diesen Versuchen lässt sich Folgendes ableiten: Die Erregbarkeit der vorderen Wurzeln bleibt nach dem sofort bei Aufnahme der Wurzeln auf die Electroden erfolgenden vorübergehenden Sinken lange Zeit unverändert, vorausgesetzt, dass die Präparation sehr sorgfältig gemacht ist und das Rückenmark während der Beobachtungzeit vor Austrocknem und anderen schädlichen Einflüssen (Zerren der Wurzeln durch Bewegungen der Electroden) hinlänglich geschützt wird. Diesen Schluss konnte ich ausser den Versuchen der angeführten Art (I und II) auch noch aus den Resultaten derjenigen Versuche ziehen, in welchen ich wohl eine Durchschneidung der hinteren Wurzel vornahm, wo ich aber, abgesehen von der Verminderung der Erregbarkeit, welche während der Durchschneidung eintrat, sowohl vor als nach derselben lange Zeit eine constante Erregbarkeit beobachtete. So sind die unter III angeführten Zahlen alle nach der Durchschneidung der hinteren Wurzeln genommen.

Eine weitere ganze Reihe von Versuchen sollte ermitteln, ob auch mit dieser viel sichereren Methode die früher von mir beobachtete plötzliche Erregbarkeitsabnahme der vorderen Wurzeln bei schmerzloser Durchschneidung der hinteren (d. h. bei einer Durchschneidung, die nicht von Zuckungen des ganzen Organismus begleitet wird) sich wird beobachten lassen.

Meine Versuche dieser Art wurden, abgesehen von der veränderten Methode, ganz ebenso wie die in meiner ersten Mittheilung angeführten angestellt, das heisst: nach einer so sorgfältig als möglich angestellten Präparation wurde die Erregbarkeit der vorderen Wurzeln durch Schliessungsschläge mittlerer Stärke geprüft, und schritten wir immer erst dann

zur Durchschneidung der hinteren Wurzeln, wenn die durch Reizung der vorderen hervorgerufenen Contractionen mehrere Minuten lang dieselbe Höhe behielten. Wenn die Durchschneidung nicht ganz schnell und schmerzlos geschah und Zuckungen des gesammten Thieres eintraten, so erhielt ich gewöhnlich keine brauchbaren Resultate; die Mehrzahl solcher als misslungen zu betrachtenden Versuche habe ich ganz unberücksichtigt gelassen und nur einige aufbewahrt; diese werde ich weiter unten citiren und die dabei zu beobachtenden Erscheinungen zu erklären suchen. Wenn also die Durchschneidung gelang, so erhielt ich in der grossen Mehrzahl der Fälle befriedigende Resultate, d. h. ein mehr oder weniger bedeutendes Sinken der Erregbarkeit der vorderen Wurzeln sofort nach der Durchschneidung der hinteren. Und zwar gelang es uns, Dank der verbesserten Methode, verhältnissmässig viel leichter, günstige Resultate erzielen, als es bei Anwendung der früheren Methode der Fall war.

Es folgen jetzt einige Versuche dieser Art als Beispiele; die Ursachen der Abweichungen in der Grösse der erhaltenen Verminderungen in den verschiedenen Versuchen werden weiter unten erörtert werden.

Zeit. Uhr	Min.		Höhe der Contraction in Mm.
		IV. Versuch.	
2	53	. . . . .	23
2	54	. . . . .	26
2	56	. . . . .	26
2	56	Durchschneidung der hinteren Wurzeln .	15
2	59	. . . . .	13
			13
		. . . . .	14
3	01	. . . . .	13
		V. Versuch.	
2	35	. . . . .	30
2	40	. . . . .	34
2	45	. . . . .	33
2	45	Durchschneidung der hinteren Wurzeln .	6
		. . . . .	7
		VI. Versuch.	
12	15	. . . . .	18
12	18	. . . . .	18
12	23	. . . . .	18
12	23	Durchschneidung der hinteren Wurzeln .	14
			13
			14
		bleibt dann im Verlauf von 15 Minuten .	13—14

Zeit. Uhr Min.		Höhe der Contraction in Mm.
	VII. Versuch.	
	. . . . .	29
	. . . . .	33
	. . . . .	29
	Durchschneidung der hinteren Wurzeln .	23
		21
nach 5 Min.	. . . . .	23
		22
		23
nach 10 Min.	. . . . .	23
		23
	VIII. Versuch.	
11 28	. . . . .	38
	. . . . .	39
11 38	. . . . .	39
	. . . . .	39
	Durchschneidung der hinteren Wurzeln .	31
11 38	. . . . .	33
		30
11 41	. . . . .	32
11 46	. . . . .	31
11 52	. . . . .	32
	IX. Versuch.	
1 38	. . . . .	31
1 43	. . . . .	31
1 43	Durchschneidung der hinteren Wurzeln .	18
		18
		18
1 50	. . . . .	18

In allen diesen Versuchen sehen wir sofort nach der Durchschneidung der hinteren Wurzeln die vorher constante Erregbarkeit der vorderen plötzlich sinken, wonach die Erregbarkeit wieder während längerer Zeit constant bleibt. Einen Unterschied zwischen den Resultaten der angeführten Versuche und den in meiner ersten Mittheilung enthaltenen könnte man darin sehen, dass bei mir die Grösse des Herabsinkens in den verschiedenen Versuchen eine sehr verschiedene ist; während sie in den meisten Versuchen nur 4 – 13 Mm. beträgt, erreicht sie im Versuche V die beträchtliche Höhe v. 27 Mm. Woher diese Verschiedenheit in dem Grade der Abnahme der Erregbarkeit? Ich glaube den einen Grund in die viel exactere Messungsmethode verlegen zu müssen: beim Aufsuchen der nöthigen Stromstärke konnte nämlich schon eine Veränderung der

Erregbarkeit stattfinden, ohne dass man dieselbe bemerkte. Ausserdem giebt es viele unvermeidliche äussere Einflüsse, deren Einwirkungen auf die Erregbarkeit eben ihrer Feinheit wegen bei der früheren gröberen Mess-Methode sich der Beobachtung entzogen, bei meinen genaueren Messungen aber sofort zu Tage traten. Ich fühle mich um so mehr zu diesem Schluss bewogen, als ich, in einigen Versuchen sowohl vor, als nach der Durchschneidung der hinteren Wurzel ganz ähnliche, wenn auch nicht ebenso grosse Schwankungen in der Erregbarkeit fand; Schwankungen, welche bei scheinbar ganz unveränderten Umständen, plötzlich auftraten und ebenso plötzlich wieder verschwanden, wonach die Erregbarkeit lange Zeit ebenso unverändert blieb, wie sie es vor dem Auftreten der erwähnten Schwankungen gewesen war.

No. des Versuchs.	Zeit St.	Min.	Höhe der Cont. in Mm.	No. des Versuchs.	Zeit St.	Min.	Höhe der Cont. in Mm.
X.	2	5	24 16	XI.	11	38	31 33 30
	2	10	32 20		11	41	32
	2	15	24 24		11	46	40 41
					11	52	32

Bei allen bis jetzt angeführten Versuchen gelang es, die Durchschneidung der hinteren Wurzeln schmerzlos zu bewerkstelligen. Dies war aber lange nicht immer der Fall; ich will jetzt an einem Beispiel zeigen, dass auch die Ergebnisse solcher misslungenen Versuche, nichts den früheren Ansichten Widerstreitendes enthalten.

Zeit. Uhr	Min.		Höhe der Contraction in Mm.
		XII. Versuch.	
12	23	. . . . .	26
12	25	. . . . .	25
12	30	. . . . .	23
12	33	. . . . .	24
12	33	Durchschneidung der hinteren Wurzeln .	35
12	39	. . . . .	22
12	44	. . . . .	18
12	49	. . . . .	17
12	59	. . . . .	16

Wie man sieht, stimmen auch diese Versuche mit dem überein, was oben für ähnliche Versuche gesagt wurde.

Die bei solchen Versuchen wie XII bei der Durchschneidung eintretende Erhöhung der Erregbarkeit der vorderen Wurzeln kann man sich als eine Folge der durch Quetschung der hinteren Wurzeln hervorgebrachten Reizung denken, und dieses um so mehr, als die erhöhte Erregbarkeit sehr bald verschwindet und einer Erregbarkeit weicht, welche niedriger ist als die, welche vor der Durchschneidung der hinteren Wurzel bestand. Es kam also in solchen Fällen zu der vorhandenen Stärke des Reflextonus im Augenblick der Durchschneidung noch ein Reiz mehr hinzu, der grösser war als die Summe aller schon vorhandenen peripherischen Reize, so dass trotz des Verschwindens dieser letzteren eine Zunahme der Erregbarkeit stattfand; so wie die durch die Durchschneidung hervorgerufene Reizung schwindet, wird erst der durch dieselbe Durchschneidung hervorgerufene Verlust an Erregbarkeitsstärke bemerkbar; diese sinkt daher auf eine niedrigere Stufe, als sie vor der Durchschneidung war.

Somit war der Zweck dieser Untersuchungen erreicht, insofern es sich darum handelte, durch eine genauere Methode das Vorhandensein des Brondgeest'schen Tonus zu constatiren.

Ich will nun noch auf eine Erscheinung aufmerksam machen, welche bei diesen Versuchen zum Vorschein kam und welche für die Lehre von dem Einfluss der hinteren Wurzeln auf die Erregbarkeit der vorderen von grösstem Interesse ist. Erregt man eine Contraction des Gastrocnemius, so dehnt sich dieser Muskel nach Aufhören der Reizung nur sehr langsam bis zu seiner früheren Länge aus; oft gebraucht dieser Muskel zur Wiedererlangung seiner früheren Länge mehrere Minuten. Dagegen beobachtet man sehr häufig, dass nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln der Muskel nach jeder vollführten Contraction seine frühere Länge sofort wieder erreicht, oder selbst über diese hinaus sich ausdehnt; dies ersieht man daraus, dass die Contractionscurve entweder sofort die frühere Abscisse erreicht, oder sogar negativ wird. Um die Ursache dieser Ausdehnungen des Muskels zu ermitteln, wollte ich zuerst constatiren, ob eine Dehnung im Muskel nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln stattfindet, auch wenn vorher in ihm keine Contractionen erzeugt wurden; zu dem Zweck liess ich den ruhenden Gastrocnemius mehrere Minuten lang seine Länge bei Belastung von 20 Grm. aufzeichnen, dann durchschnitt ich die hinteren Wurzeln und erhielt eine sofort oder allmählich im Verlauf von $1^1/_2$—2 Min. eintretende Dehnung desselben, wobei der mit ihm in Verbindung stehende Hebel um 2—5 Mm. unter die früher gezeichnete Abscisse sank; contrahirte das Thier willkürlich den Gastrocnemius, so dehnte sich der Muskel gleich nach Ende der Contraction noch mehr aus, um dann allmählich zu der früher nach der Durchschneidung der hinteren Wurzeln angenommenen Länge zurückzukehren. Ich glaube, man bedarf kaum eines eclatanteren Beweises dafür, dass die Muskeln des Skelets sich in einer geringen tonischen Zusammenziehung befinden, veranlasst durch Erregungen, welche ihren motorischen Nerven im Rückenmarke durch die hinteren Wurzeln mitgetheilt werden.

5. Ueber den Einfluss der hinteren Wurzeln auf die Erregbarkeit der vorderen.

(Pflüger's Archiv, 1873.)

Im Jahrgang 1871 dieses Archivs erschien eine diesen Gegenstand betreffende Untersuchung von Cand. med. Georg Heidenhain, in welcher die unter meiner Leitung von F. Steinmann ausgeführten Versuche einer ausführlichen Besprechung und Kritik unterzogen wurden.

Herr Georg Heidenhain hat bei der Wiederholung der Steinmann'schen Versuche, in welchen als Maass für die Veränderungen der Erregbarkeit die Stärke der Muskelzuckungen gewählt wurde, das Ergebniss derselben nicht bestätigt gefunden. Er führt eine Anzahl von Versuchen an, in denen es ihm nicht gelungen ist, die von Guttmann, Steinmann und mir beobachtete Verminderung der Erregbarkeit der vorderen Wurzeln nach Durchschneidung der hinteren zu beobachten.

Herr Georg Heidenhain bemüht sich in seiner Abhandlung den Grund unserer, seiner Ansicht nach irrthümlichen, entgegengesetzten Resultate aufzusuchen und macht dabei die etwas unschuldige Bemerkung, wir hätten bei unseren Versuchen die Distanz der reizenden Electroden nicht constant behalten.

Der Zweck dieser Mittheilung von einer Reihe negativer Resultate, welche den positiven von Steinmann, Guttmann, mir, und theilweise auch Harless und Bezold entgegengestellt wird, ist mir um so unverständlicher geblieben, als ja in unseren Mittheilungen ausdrücklich gesagt wird, wie oft man bei diesen capriciösen und schwierigen Versuchen auf negative Resultate stösst. Es wäre Steinmann oder mir sehr leicht gewesen, aus unseren Protocollen drei Mal so viel Versuche mit negativen Resultaten zusammenzubringen, als von Georg Heidenhain mitgetheit wurden.

Ich habe daher die Mittheilung von Herrn G. Heidenhain ohne jede Erwiderung gelassen.

In letzterer Zeit wurde ich aber von einigen Collegen befragt, wie es denn mit dieser Sache stehe, ob ich meine früheren Angaben aufrecht erhalte oder nicht. Da die Existenz des Brondgeest'schen Tonus mit der Aufrechterhaltung dieser Angaben eng verknüpft ist, so wäre eine endgültige Entscheidung doch im höchsten Grade erwünscht.

Um Missdeutungen zu vermeiden, will ich nun mit einigen Worten die Sache ins Klare bringen.

Am Schlusse der vorhergehenden Abhandlung findet sich ein sehr einfacher Versuch mitgetheilt, der in der unzweideutigsten Weise die Existenz des Brondgeest'schen Tonus, also auch des von mir constatirten Einflusses der hinteren Wurzeln auf die Erregbarkeit der vorderen beweist. Dieser Versuch besteht in Folgendem: Man verbindet den M. gastrocnemius, der mit etwa 20—30 Grm. belastet ist, mit dem Mareyschen Myographion und lässt diesen ruhenden Muskel während einiger Zeit seine Länge auf der rotirenden Trommel aufzeichnen. Sodann durch-

schneidet man vorsichtig und mit einer sehr scharfen Scheere die hinteren Wurzeln und lässt den Muskel seine Länge weiter fortzeichnen: der belastete Muskel verlängert sich dabei entweder sofort oder im Verlauf einer Minute um eine relativ bedeutende Grösse.

Dieser Versuch ist so schlagend und dabei so leicht zu wiederholen, dass, wenn wir im Beginn der Steinmann'schen Untersuchung auf ihn gekommen wären, wir uns die mühevolle Reihe der Messungen von feinen Erregbarkeitsveränderungen erspart hätten. Dieser Versuch versagt auch so selten, dass ich ihn als Vorlesungsversuch benutzte, um den Brondgest'schen Tonus zu demonstriren. Diejenigen Fachgenossen, denen daran gelegen ist, sich Klarheit über diese Frage zu verschaffen, haben nur den beschriebenen Versuch in der angegebenen Weise zu wiederholen.

Herr Georg Heidenhain, der sich so viele Mühe gegeben hat, unter Gruenhagen's Leitung negative Ergebnisse zu sammeln, hat leider diesen leichten Versuch nicht wiederholen wollen; und zwar, wie er angiebt, weil er die ganze Frage vom Brongeest'schen Tonus durch die Schwalbe'schen Versuche als schon im negativen Sinne entschieden betrachtet.

Trouville, August 1873.

---

6. Ueber die durch Reizung der Rückenmarkswurzeln erzeugte Muskelzuckung.

(Bulletin de la Societé de Biologie, Paris 1876.)

Im Verlaufe meiner Untersuchungen über den Tonus der quergestreiften Muskeln habe ich häufig Gelegenheit gehabt die Rückenmarkswurzeln elektrischen Reizungen zu unterwerfen.

Beim Prüfen der durch diese Reizungen erhaltenen graphischen Beobachtungsbelege bemerkte ich, dass die Curve der auf solche Weise hervorgerufenen Muskelerschütterung recht auffallend von der durch direkte Reizung eines Nervenstammes bewirkten differirt.

Wenn man z. B. den Nervus ischiadicus eines Frosches durch einen einzigen elektrischen Schlag reizt und auf einem in Rotation begriffenen Cylinder die Zuckung des mit einem Gewichte von 30—40 Grm. belasteten Musculus gastrocnemius verzeichnen lässt, beobachtet man, dass der Muskel, sofort nach beendigter Contraction, zu seiner ursprünglichen Länge zurückkehrt; der absteigende Theil der Curve hat fast denselben Verlauf und dieselben Neigung zur Abscisse wie der aufsteigende.

Ganz anders ist der Verlauf des absteigenden Theils der Muskelcurve, wenn man die hintere Wurzel durch einen einzigen elektrischen Schlag reizt; die auf solche Weise ausgelöste reflectorische Erschütterung hält (wie dieses schon Prof. Wundt beobachtet hat) sehr viel länger an als eine einfache Erschütterung; diese Verlängerung ist nur in dem absteigenden Theile der Curve sichtbar, welcher, anstatt nach der Abscisse

hin concav zu sein, wie das bei den gewöhnlichen Zuckungen der Fall ist, im Gegentheil nach dieser Richtung hin convex ist. Nur sehr allmählich wird die Abscisse von dieser Curve erreicht.

Die Muskelzuckung bietet in diesem Falle ungefähr dieselben Charaktere dar, wie während gewisser Phasen der Veratrinvergiftung.

Die Erklärung dieses Phänomens ist durchaus nicht besonders schwierig: dasselbe weist einfach darauf hin, dass eine, einer Ganglienzelle mitgetheilte Reizung daselbst während längerer Dauer fortbesteht, als wenn sie direkt auf die Nervenfasern eingewirkt hat; in Folge dieses Fortbestehens verschwindet die Muskelverkürzung nur sehr langsam.

Eine andere Beobachtung, die ich ganz kürzlich zu machen Gelegenheit hatte, ist der Erklärung viel schwieriger zugänglich.

Wenn die Muskelzuckung durch eine einzige Reizung einer mit dem Rückenmarke noch im Zusammenhange stehenden vorderen Wurzel hervorgerufen wird, bietet die Curve denselben Charakter dar, wie diejenige einer reflectorischen Erschütterung*). Sobald dieser Zusammenhang unterbrochen wird, d. h. wenn die vordere Wurzel durchschnitten wird, und man nunmehr nur deren peripherisches Ende reizt, nimmt die Zuckung sofort denselben Charakter an, wie während der Reizung des Nervenstammes.

Die einzig zulässige Deutung dieses letzteren Phänomens scheint mir die folgende zu sein: die der vorderen Wurzel ertheilte Erregung pflanzt sich gleichzeitig nach zwei entgegengesetzten Richtungen fort; beim Muskel angelangt, ruft sie eine Erschütterung hervor; bei den motorischen Zellen angelangt, ruft sie daselbst einen latenten Erregungszustand hervor, welcher noch bevor die Erschütterung des Muskels ihr Ende erreicht hat, auf diesen Muskel durch eben dieselbe Wurzel sich reflectirt und ihn während einiger Augenblicke verkürzt erhält.

Ausser dem Interesse, welches diese Beobachtung an sich darbietet — denn sie beweist, dass es, hinsichtlich der zu erzielenden Wirkung, keineswegs gleichgültig ist, ob während der Reizung der Nerv mit seinen Innervationscentren im Zusammenhange steht oder nicht, sind es noch zwei Punkte, welche durch sie beleuchtet werden:

1. Vermehrt sie die Zahl der bereits im Besitze der Physiologie befindlichen, denselben Gegenstand betreffenden Beweise um einen neuen Beweis der Fähigkeit der Nervenfasern die Erregung zugleich nach zwei verschiedenen Richtungen fortzupflanzen;

2. beweist sie, dass die motorischen Ganglienzellen einer Erregung selbst dann fähig sind, wenn der Reiz ihnen in centripetaler Richtung auf dem Wege ihrer eigenen motorischen Fasern zugeht.

*) Mehrmals habe ich unter denselben Bedingungen eine wirkliche Uebereinanderlagerung der beiden Zuckungen erhalten, wie wenn ich der Wurzel anstatt einer einzigen Erregung deren zwei ertheilt hätte. Doch in diesen Fällen liess sich nicht immer die Möglichkeit eines durch den Unterbrecher des electrischen Stromes veranlassten Irrthums mit absoluter Sicherheit ausschliessen.

7. Ueber die Erregbarkeit einiger Partien des Rückenmarkes*).

(Bullet. de l'Acad. des Scienc. de St.-Petersbourg, 16. December 1869.)

Die Untersuchungen von Fick und Engelken über die Erregbarkeit der vorderen Stränge des Rückenmarks, haben in der letzten Zeit wieder die Aufmerksamkeit der Physiologen auf diese für die allgemeine Physiologie so wichtige Frage gelenkt. Der seit Jahrzehnten in der Physiologie als maassgebend geltende Lehrsatz Van-Deen's über die Unerregbarkeit der Vorderstränge für elektrische Reize, welcher vor einigen Jahren von Guttmann neu bestätigt worden ist, ist von Fick**) und Engelken auf Grund ihrer Versuche für unrichtig erklärt worden. Nach diesen Forschern beruhte der Misserfolg Van-Deen's bei Reizung der Vorderstränge nur darauf, dass die zur Reizung benutzten Ströme nicht intensiv genug waren, um Bewegungen in den Muskeln einzuleiten. Die vorderen Stränge wären also nicht unerregbar für elektrische Ströme, sondern es bedurfte zu ihrer Erregung nur viel intensiverer Reize als für motorische Nerven. Die Versuche von Fick und Engelken bestanden hauptsächlich darin, dass sie das Rückenmark eines Frosches blosslegten, es in der Höhe der Halswirbel vom Gehirne trennten, und dann die Brustwurzeln beiderseits durchschnitten. Sodann wurde durch einen Längsschnitt die hintere Partie des Rückenmarks von der vorderen getrennt und in diese letztere zwei Nadeln eingesteckt, welche mit den Enden einer Inductionsspirale in Verbindung standen; bei Durchleitung eines intensiven Stromes durch die vordere Partie des Rückenmarks enstanden tetanische Zuckungen der hinteren Extremitäten. Durchschneidung des Rückenmarks unterhalb der gereizten Stelle war im Stande, diesen Reizerfolg aufzuheben, ein Beweis also, dass dieser Erfolg nicht vom Ueberspringen elektischer Ströme auf die intact gebliebenen Wurzeln des Ischiadicus herrührte.

Schon vor Fick hat der Van-Deen'sche Lehrsatz Angriffe von Seiten Vulpian's erfahren, wenigstens was die Erregbarkeit der vorderen Stränge für mechanische Reize anbelangt. In seinen Leçons***) führt Vulpian Versuche an Hunden und Kaninchen an, welche ganz in der Weise wie die später angestellten Versuche von Fick an Fröschen ausgeführt wurden, nur mit dem Unterschiede, dass Vulpian zur Reizung der Stränge nicht elektrische Ströme, sondern mechanische Quetschung derselben mit einer Pincette anwandte. Jeder solche mechanische Insult führte eine Bewegung der hinteren Extremitäten herbei. Den Misserfolg Chauveau's bei der Wiederholung der Vulpian'schen Versuche erklärt letzterer dadurch, dass der zur Reizung benutzte mechanische Insult nicht genügend intensiv war. Die Vermuthung, es handle sich bei seinen Versuchen um Erregung der an den Vordersträngen anhaftenden grauen Substanz, sucht

*) Mit Stud. Aladoff.
**) Archiv von du Bois-Reymond und Reichert, 1866.
***) Leçons sur la physiologie du système nerveux. Paris, 1865.

Vulpian dadurch zu beseitigen, dass er an die allgemein angenommene Unerregbarkeit der grauen Substanz erinnert.

Die Ergebnisse der Versuche von Fick und Engelken sind einige Zeit nach Veröffentlichung derselben von S. Mayer*) angegriffen worden. Derselbe behauptet, es handele sich bei diesen Versuchen um reflectorische Erregung der Vorderstränge durch Reizung der nicht vollständig entfernten Hinterstränge. Die von Fick beobachteten tetanischen Bewegungen der hinteren Extremitäten waren also nach Mayer nicht Folge der directen Reizung der vorderen Stränge, sondern nur Folge der auf dieselbe übertragenen Erregung der Hinterstränge. Mayer stützt seine Behauptung hauptsächlich auf die negativen Ergebnisse derjenigen seiner Versuche, in welchen er sorgfältig die ganzen hinteren Stränge entfernt hatte.

Gegenüber diesen negativen Resultaten Mayer's hält Fick**) in einer neueren Mittheilung die Richtigkeit seiner früheren Untersuchungen vollständig aufrecht und führt zur Bekräftigung derselben einige neue an Fröschen angestellte Versuche an, welche genau dasselbe positive Resultat ergaben.

Die grosse Wichtigkeit dieser Streitfrage veranlasste mich eine erneuerte Untersuchung zur Lösung derselben vorzunehmen.

Diese Versuche wurden an Hunden, Kaninchen und Fröschen angestellt und zwar an allen diesen Thieren nach einem allgemeinen Schema, welches von denen Vulpian's und Fick's nur in einigen Punkten abweicht. An Hunden und Kaninchen wurden die Versuche im Allgemeinen auf folgende Weise ausgeführt. Die Thiere wurden auf dem Bauch in der Weise befestigt, dass der Brusttheil der Wirbelsäule durch eine unter den Bauch geschobene Unterlage höher zu liegen kam, als die übrigen Theile des Thieres. Die Wirbelsäule wurde in der ganzen Ausdehnung des Brusttheils (vom 7. Halswirbel bis zum 1. oder 2. Lendenwirbel) möglichst schonend und ohne zu grosse Blutverluste eröffnet. Nach Blosslegung des Rückenmarks wurden sämmtliche hintere und vordere Wurzeln mittelst eines unter sie geschobenen hakenförmigen Messers vorsichtig in der ganzen Ausdehnung des blossgelegten Rückenmarks durchschnitten. Sodann wurde das Mark durch einen zwischen dem 7. Hals- und 1. Brustwirbel geführten Schnitt in der Quere durchtrennt, unter das peripherische Rückenmarkstück von oben her ein Glasstab geschoben und so dasselbe schonend aus der Höhle emporgehoben. Nachdem ich mich durch das Eintreten von Zuckungen in den hinteren Extremitäten bei leiser Berührung der Hinterstränge von der erhaltenen Erregbarkeit des getrennten Rückenmarks überzeugt hatte, entfernte ich mit einer Scheere die Hinterstränge, sowie möglichst viel grauer Substanz, so dass ich jetzt nur noch die Vorderstänge mit einer sehr dünnen Schicht grauer Substanz vor mir hatte. Nun begann ich die Reizung dieser zurückgebliebenen Partien. Früher wurde mechanische Reizung versucht und dann elektrische und zwar erstere durch Quetschen mit einer Pincette, letztere durch starke Inductionsströme, welche mittelst Nadeln dem Marke zugeführt wurden.

*) Pflüger's Archiv, 1868.
**) Ibid. 1869.

Die Ergebnisse einer grösseren Anzahl auf diese Weise ausgeführter Versuche waren nun folgende:

1) Mechanische Quetschung der vorderen Stränge führt nur selten einzelne Zuckungen der hinteren Extremitäten hervor und dies auch nur ausnahmslos in solchen Fällen, wo grössere Mengen grauer Substanz, vielleicht also auch Reste der hinteren Stränge erhalten waren. War nur eine dünne Schicht grauer Substanz oder etwa gar nichts von derselben erhalten, so blieb die mechanische Reizung erfolglos.

2) Elektrische Reizung der Vorderstränge rief in allen Fällen, wo das Rückenmarks vorsichtig präparirt war, tetanische Contractionen der hinteren Extremitäten hervor, die so lange anhielten, als die Reizung dauerte. Dieser Erfolg trat aber auch nur in den Fällen ein, von denen ich nicht zu behaupten wage, dass nicht noch eine dünne Schicht grauer Substanz erhalten blieb. Wurde die ganze graue Substanz entfernt, so blieb die Reizung erfolglos, und ich konnte an allen den Vordersträngen, deren Reizung positive Ergebnisse lieferte, bei der späteren Untersuchung Spuren grauer Substanz, wenn auch noch so geringe nachweisen.

Wurde das Rückenmark unterhalb der gereizten Stelle durchschnitten und die beiden Schnittenden eng aneinander gefügt, so blieb die Reizung, und wenn ich den Strom noch so verstärkt nahm, immer ohne allen Erfolg.

Die beobachteten tetanischen Contractionen der hinteren Extremitäten waren also wirklich Folge der Reizung der Vorderstränge, resp. der an denselben haftenden grauen Substanz und keinesfalls durch Stromesschleifen auf die erhaltenen vorderen Wurzeln und Hinterstränge bedingt.

Diese Versuche gelingen viel besser an Hunden, als an Kaninchen, da Hunde viel besser die Eröffnung der Wirbelsäule vertragen. Einige Hunde überlebten sogar die Operation und wurden erst ein paar Tage nach derselben getödtet. Die an solchen Hunden gemachten Versuche sind darum besonders wichtig, dass sie in viel geringerem Grade dem Verdachte ausgesetzt sind, als sei die Erfolglosigkeit der Reizung der von grauer Substanz vollständig befreiten Vorderstränge dem Erregbarkeitsverluste derselben durch Blutmangel zuzuschreiben.

Die Versuche an Fröschen wurden fast ganz auf dieselbe Weise wie diejenigen von Fick ausgeführt und zwar mit demselben Erfolge. Intensive Reizung der Vorderstränge bewirkte eine tetanische Zusammenziehung der hinteren Extremitäten, auch wenn die Hinter- und Seitenstränge ganz abgetragen wurden. Dagegen kann ich auch hier nicht behaupten, dass nicht noch Spuren von grauer Substanz an den Strängen hängen blieben.

Wenden wir uns nun zu der Deutung der gemachten Versuche.

Zunächst haben sie gezeigt, dass der von S. Mayer gemachte Einwand, es handle sich in den Versuchen Fick's um reflectorische Erregung von den Hintersträngen aus, ganz unberechtigt war. Ein solcher Einwand, der gegen die an Fröschen angestellten Versuchen wegen der Kleinheit der Theile noch zulässig war, fällt ganz weg, wenn es sich wie

bei uns hauptsächlich um Versuche an Hunden handelt. Hier sind die einzelnen Partien des Rückenmarks gross genug, um mit Sicherheit von einander getrennt werden zu können.

Was nun die Erregbarkeit der vorderen Stränge für elektrische Ströme anbelangt, so glaube ich, dass meine Versuche in hohem Grade gegen das Vorhandensein derselben sprechen. In allen Fällen, wo ich bei Reizung derselben positiven Resultate erhielt, war das Erhaltensein einer, wenn auch noch so geringen Schicht grauer Substanz die nothwendige Bedingung des Gelingens.

Man ist also viel eher berechtigt, aus den mitgetheilten Versuchen den Schluss zu ziehen, die graue Substanz des Rückenmarks sei sowohl für starke elektrische, als auch für mechanische Reize erregbar, und zwar für letztere in geringerem Grade als für erstere. Der Beweis, für die Berechtigung aus meinen Versuchen auf die Erregbarkeit der Vorderstränge zu schliessen, könnte nur dann beigebracht werden, wenn es gelingen sollte zu zeigen, dass das Abschaben der grauen Substanz von den Vordersträngen den Verlust der Erregbarkeit dieser letzteren nach sich geführt hat. Die Möglichkeit einer solchen Beweisführung scheint mir aber darum wenig wahrscheinlich, als die Reizung der Vorderstränge auch dann erfolglos war, wenn die ganze graue Substanz mit dem ersten Schnitte entfernt wurde.

Irgend welche thatsächliche Beweise gegen die Erregbarkeit der grauen Substanz giebt es meines Wissens in der Physiologie nicht.

Dem soeben aus den Versuchen abgeleiteten Schlusse über die Erregbarkeit der grauen Substanz für elektrische und mechanische Reize stehen also weder thatsächliche, noch principielle Bedenken entgegen. Auch Fick neigt sich in seiner letzten Mittheilung einer solchen Deutung seiner Versuche hin und weist mit Recht auf die grosse Wichtigkeit eines solchen Nachweises der Erregbarkeit des grauen Substanz hin.

Die Differenz, welche zwischen der Deutung meiner Versuche und der von Vulpian den seinigen beigelegten besteht, hat ihren Grund nur in dem Umstande, dass Vulpian die Unerregbarkeit der grauen Substanz als bewiesen voraussetzte und daher seine Ergebnisse auf Rechnung der Erregbarkeit der Vorderstränge schieben musste.

Ich will noch auf einige Nebenergebnisse dieser Versuche hindeuten, welche nicht ganz ohne Interesse sind.

Wie schon oben erwähnt, liess ich die Hunde, bei denen wir den ganzen Brusttheil des Rückenmarks entfernt hatten, noch einen oder zwei Tage leben. Diese Hunde fuhren fort Bewegungen des Schwanzes ohne äussere Veranlassung zu machen. Sollten die motorischen Nerven desselben, oder wenigstens ein Theil derselben aus dem Halstheil des Rückenmarks entspringen? Anatomisch habe ich diese Frage nicht weiter verfolgt.

Ich tödtete die Thiere, welche in den hinteren Extremitäten noch bis zum Tode Reflexbeweglichkeit zeigten, durch Verbluten. Dabei beobachtete ich, dass die Verblutungskrämpfe nicht nur in dem oberen Körpertheile, sondern auch in dem unteren und zwar nicht minder heftig auftraten. Da die motorischen Nerven der hinteren Extremitäten aus Marktheilen entspringen, welche von der Medulla oblongata vollständig

getrennt waren, so folgt aus dieser Beobachtung, dass die Verblutungskrämpfe ihren Ausgangspunkt nicht im verlängerten Marke haben, wie Kussmaul und Tenner es aus ihren Versuchen folgerten. Im Gegentheil zeigt diese Beobachtung, dass alle motorischen Theile des Rückenmarks durch die Verblutung selbstständig erregbar sind, welche auch die nähere Ursache dieser Erregung sein mag.

St. Petersbourg, den 16. (28.) December 1869.

---

8. Ueber eine paradoxe Thätigkeitsäusserung eines sensiblen Nerven.

(Bullet. de l'Acad. des Sciences de St.-Petersbourg, 23. Februar 1871.)

Die Gültigkeit des berühmten Bell'schen Lehrsatzes von den verschiedenen Funktionen der hinteren und vorderen Wurzeln ist seit dem Bestehen desselben (ausser während der vorübergehenden Discussion über die Sensibilité recurrente) bis jetzt unangefochten geblieben. Zwar sind seitdem mehrere Erscheinungen zu Tage gefördert worden, welche auf manche zwischen diesen Wurzeln bestehende Beziehungen aufmerksam gemacht haben, keine derselben ist jedoch in principiellen Widerspruch mit diesem Satze getreten.

Bei den zahlreichen und interessanten Untersuchungen, welche Vulpian und Philipeaux über das Zusammenwachsen sensibler und motorischen Fasern ausgeführt haben, sind sie auf eine Thatsache gestossen, welche mit dem Bell'schen Lehrsatz in schroffem Widerspruche steht.

Diese Thatsache wurde mir von Prof. Vulpian, während meines Aufenthaltes in Paris, im Sommer 1869 mündlich mitgetheilt; sie besteht in Folgendem.

Entfernt man bei einem Hunde ein grosses Stück des Hypoglossus, so wird die entsprechende Zungenhälfte gelähmt; untersucht man die Zunge nach einiger Zeit, so bemerkt man, dass die Lähmung zwar fortbesteht, dass man aber bei diesem Hunde durch Reizung des peripherischen Endes des N. lingualis derselben Seite Bewegungen in der entsprechenden Zungenhälfte hervorrufen kann. Da der N. lingualis ein rein sensibler Nerv ist, so widersprach diese Beobachtung geradezu dem gangbarsten physiologischen Grundsatze.

Der Glaube an die Richtigkeit dieses Grundsatzes ist so fest, dass die von Vulpian gemachte Beobachtung dort, wo sie bekannt wurde, nur mit Achselzucken aufgenommen wurde.

Ich konnte an der Richtigkeit der thatsächlichlichen Beobachtung, welche mir ein so gewissenhafter Beobachter, wie Vulpian, für wahr ausgab, keinen Augenblick zweifeln und vermuthete nur, dass es sich dabei um irgend einen Nebenumstand handele, der die Täuschung veranlasste. Als ich zur experimentalen Prüfung schritt, hatte ich zuerst folgende zwei Möglichkeiten im Auge, welche an der Täuschung Schuld

sein könnten: a) man hat es hier mit einer paradoxen Zuckung zu thun, veranlasst durch Erregung des dem Lingualis an einer Stelle sehr nahe liegenden Hypoglossus-Stumpfes; b) einige peripherische Zweige des Hypoglossus verwachsen mit dem bei der Operation möglicherweise verletzten Lingualis.

Ich führte meine Versuche auf die Weise aus, dass ich nach Blosslegung des Hypoglossus denselben durchschnitt und das centrale Ende, bis an seine Austrittsstelle aus dem Gehirne, entfernte. Jede Berührung des Lingualis wurde dabei auf das Sorgfältigste vermieden. Die Wunde wurde gereinigt und vorsichtig zugenäht; bei den meisten Thieren heilt die Wunde per primam intentionem. Einige Zeit nach dieser Operation wurde die Wunde wieder eröffnet und der Lingualis der Reizung unterworfen. Hierbei stellte es sich heraus, dass 22 bis 30 Tage erforderlich sind, um die folgenden Resultate erhalten zu können, welche mit einer solchen Constanz eintreten, dass ich sie bei allen zwischen dem 22. und 30. Tage nach der Exstirpation des Hypoglossus untersuchten Hunden constatiren konnte. Die Untersuchung wurde folgendermaassen vorgenommen. Zuerst überzeugte ich mich, dass die operirte Zungenhälfte noch immer gelähmt war und bei reflectorischer Reizung der Zungenschleimhaut nur mit der gesunden Hälfte sich mitbewegte. Die functionelle Paralyse blieb also unverändert.

Nun öffnete ich die geschlossene Wunde, präparirte vorsichtig den Lingualis heraus, durchschnitt ihn so hoch als möglich und reizte sein peripherisches Ende vor seiner Verästelung mit mässig starken Inductionsströmen: der vordere Theil der gelähmten Zungenhälfte bewegte sich dabei sofort in der Richtung nach oben; die Bewegung war der ähnlich, welche wir mit der Zunge bei der Aussprache des Lautes L machen, nur war sie bedeutend schwächer.

Nun unterband ich den N. lingualis zwischen der gereizten Stelle und der Verästelung; wiederholte Reizung, auch mit viel stärkeren Strömen, blieb erfolglos. (Natürlich war dabei der Nerv in die Höhe gehoben und durch Luft von der Zunge isolirt.) Reizte ich nun die einzelnen Aeste unterhalb der Unterbindungsstelle, so reagirten nicht alle Aeste auf den Strom, nur der Hauptast, welcher sich bis an die vordere Spitze der Zunge begiebt, antwortete constant auf die ihn treffenden Reize mit einer Contraction der bezeichneten Stelle. Der Erfolg war ganz derselbe, nur schwächer, wenn ich statt electrischer Reizung mechanische anwandte (am besten leichtes Zusammendrücken des Nerven zwischen zwei Glasstäben). Schritt ich nun an dem Nerven mehr zur Peripherie hin, so blieb sowohl die electrische als die mechanische Reizung immer noch wirksam, ja ich konnte sogar die Zunge herausschneiden und dann den Lingualis fast bis zur Zungenspitze herauspräpariren, — wenn dies nur schnell genug geschah, so blieb der Effect der Reizung derselbe.

Von einer Verbindung zwischen dem Hypoglussusstumpf und dem Lingualis fand ich bei Präparation der Stelle, wo die beiden Nerven nahe bei einander liegen, auch nicht die Spur, selbst die mikroskopische Untersuchung dieser Stelle zeigte keinen Uebergang vom Hypoglossus auf den Lingualis. Diese Untersuchung zeigte mir aber auch sogleich,

dass meine oben erwähnten Vermuthungen über die Ursache der vermeintlichen Täuschung beide vollständig grundlos waren. Der Hypoglossus enthielt nämlich nur vollkommen degenerirte und zerfallene Fasern, die also ganz functionsunfähig waren. Directe Reizung derselben an verschiedenen Stellen ihres Verlaufs vermochte auch keine Andeutung einer Zusammenziehung in den Zungenmuskeln hervorzubringen; es konnte also weder von secundären Zuckungen, noch von Anastomosen zwischen den beiden Nerven die Rede sein. Vielmehr haben diese Versuche dargethan, dass wir es hier überhaupt mit keiner Täuschung, sondern mit einer unzweifelhaft dastehenden Thatsache zu thun haben. Die Thatsache lässt sich streng folgendermassen formuliren:

Bei einem Hunde, dessen Hypoglossus exstirpirt ist, kann man nach Verlauf von 22—30 Tagen nach dieser Operation durch Reizung des sonst rein sensiblen N. lingualis der entsprechenden Seite Contractionen in den gelähmten Zungenmuskeln hervorrufen.

So paradox die Thatsache ist, dass ein sensibler Nerv unter Umständen direct motorisch auf die Muskeln, die er mit sensiblen Fäden versieht, wirken kann, so gesichert ist man auch durch die Leichtigkeit, mit welcher sie sich auf die exacteste Weise beobachten lässt, gegen den Verdacht, es liege hier eine Täuschung vor.

Erklären lässt sich die Thatsache vorläufig in keiner Weise. Die am wenigsten unwahrscheinliche Vermuthung besteht in Folgendem. Die sensiblen Fäden des Lingualis, welche die Muskeln der Zunge mit Empfindungsnerven versorgen, enden in ihren letzten Verzweigungen in einem gemeinschaftlichen Endapparat mit den motorischen Fäden des Hypoglossus, sei es in den Endplatten selbst, oder in vor diesen gelegenen Ganglienkugeln. Unter gewissen Umständen, z. B. wenn der mit den motorischen Nerven verbundene Theil des Endapparates entweder selbst degenerirt, oder ausser Verbindung mit der degenerirten motorischen Faser tritt, kann der sensible Nerv von aussen ihm mitgetheilte Erregungen in centrifugaler Richtung der Muskelfaser zuleiten. Sache geübterer Histiologen ist es, zu untersuchen, wie weit diese Vermuthung anatomisch gestützt werden kann; ich glaube eine darauf gerichtete Untersuchung wird gewiss nicht fruchtlos sein.

Ich habe untersuchen wollen, ob nicht an anderen Theilen des Nervensystems ähnliche Verhältnisse zu beobachten wären. Zu diesem Behuf stellte ich Versuche mit Ausreissung des Facialis an Hunden und Kaninchen, und mit Durchschneidung der vorderen Wurzeln des Plexus brachialis, bei sorgfältiger Conservirung der hinteren, bei neugeborenen Hunden an. Einige Wochen nach dieser Operation prüfte ich in den einen Fällen den N. trigeminus, in den anderen die hinteren Wurzeln; ich konnte aber weder bei den einen noch bei den anderen zu positiven Resultaten gelangen, und zwar der vielen Täuschungen wegen, denen man beim Trigeminus durch seine Anastomosen, bei den hinteren Wurzeln durch ihre kurze und tiefe Lage ausgesetzt ist.

9. Ueber die Innervation der Gebärmutter.

(Pflüger's Archiv, 1873.)

Die praktische Wichtigkeit der Frage über die Nerven, welche die Bewegungen der Gebärmutter beherschen, hat eine zahlreiche Reihe von Untersuchungen zu Tage gefördert, die zum Zwecke hatten, theils im Rückenmarke und Gehirne die Centren dieser Nerven zu bestimmen, theils ihren peripherischen Lauf genauer zu verfolgen. Trotz dieser grossen Reihe schien mir die Frage doch bei Weitem nicht endgültig entschieden, und zwar um so weniger, als die grössten Widersprüche zwischen den Untersuchern nicht nur in der Frage selbst hervortraten, sondern auch über die besten Objecte, welche zur Untersuchung gewählt werden müssen.

Während die Einen als solche Objecte ausschliesslich ältere Individuen empfehlen, vorzüglich solche, die schon trächtig waren, wurden von Anderen in letzterer Zeit auffallender Weise für solche Versuche nur junge Individuen empfohlen mit jungfräulichem Uterus. Es versteht sich von selbst, dass, wenn so verschiedene Untersuchungsobjecte gebraucht wurden, die Resultate selbst auch ganz verschieden sein mussten.

Die Angaben über die Nerven, welche Uterusbewegungen veranlassen können, gingen so weit auseinander, dass in letzterer Zeit von zwei Beobachtern (Schlesinger und Oser) sogar behauptet wird, dass man von allen Nerven des Körpers Uterusbewgungen reflectorisch einleiten kann.

In Anbetracht dieser Widersprüche schien es mir nicht ganz überflüssig, eine erneute Untersuchung der Innervationsverhältnisse des Uterus vorzunehmen. Diese Untersuchung habe ich mit dem Herrn Dr. Scherschewsky ausgeführt. Wir haben eine grosse Reihe solcher Versuche sowohl an Hündinnen als Kaninchen verschiedenen Alters mit Sorgfalt angestellt, und ich will die Hauptresultate dieser Versuche hier mittheilen. Eine ausführliche Beschreibung der Versuche selbst ist in der Dissertation des Dr. Scherschewsky erfolgt.

Es ist mir bei den vorhandenen Beschreibungen der Uterusbewegungen eine grosse Differenz aufgefallen, die darin bestand, dass die einen Beobachter von heftigen peristaltischen Bewegungen sprechen, während die anderen nur ein Steifwerden und Erblassen des Uteruskörpers bei ihren Versuchen erzielen konnten.

Da man bei der Aufsuchung der Uterusnerven meistens mit sympathischen Nerven zu thun hat, so ist von vorne herein bei mir der Verdacht entstanden, ob nicht die letztere Art von Uterusbewegungen einfach als Zusammenschrumpfen des Uterus in Folge der Verengerung seiner Gefässe zu betrachten ist; dies um so mehr, als die oben citirten Autoren (Schlesinger und Oser) nur diese Art von Bewegungen des Uterus beobachtet haben, und zwar bei Reizung aller möglichen sensiblen Nerven, welche bekanntlich starke Gefässverengerungen auf reflectorischem Wege hervorrufen. So konnte es sich auch erklären, dass diese Beobachter Uterusbewegungen nur bei jungen Kaninchen mit jungfräulichem Uterus erhalten haben.

Da ein solcher Uterus theilweise aus fibrösem Gewebe mit relativ geringer Beimengung von Muskelfasern besteht, so waren von Anfang an bei solchen Thieren kaum wirkliche Bewegungen des Uterus selbst vorauszusetzen.

Es hat sich im Verlaufe dieser Untersuchung auch wirklich bestätigt, dass die zweite Art von Uterusbewegungen in der That nicht als solche betrachtet werden können. Auf welche Weise man auch einen Blutmangel im Uterus erzeugt, ob durch Zuklemmen der zuführenden Gefässe, oder durch Reizung centraler Enden sensibler Nerven, fast immer erhält man eine mehr oder weniger ausgesprochene Steifung und Erblassen des Uterus.

Diese Bewegungen haben nichts mit den wirklichen heftigen peristaltischen Bewegungen des Uterus gemein, welche wirklich zur Fortbewegung der in ihnen enthaltenen Körper dienen können.

Die Verwechslung dieser beiden Arten von Bewegungen kann auch den Umstand erklären, warum über den centralen Ursprung der Uterusnerven so viele verschiedene Angaben gemacht wurden; ein Theil der Forscher wurde durch die bei Reizung verschiedener Rückenmarkspartien eintretende Gefässverengerung in Irrthum geführt. Für ähnliche Versuche sind am besten entweder schwangere Gebärmütter oder solche, welche schon früher schwanger waren, zu wählen, die starke, muskulöse Wände haben, und welche bei Berührung oder Entblössung schon von selbst in Bewegung gerathen.

Doch stösst man auch auf solche Individuen, bei denen trotz der scheinbar günstigsten Bedingungen doch keine Bewegungen des Uterus hervorzurufen möglich ist.

Junge Individuen, die noch nicht trächtig waren, sind zu solchen Versuchen ganz untauglich.

Meine Versuche mit Dr. Scherschewsky sind theils an mit Curare vergifteten, theils an unvergifteten Thieren ausgeführt worden. Zu Reizungen von Nerven ist nicht eher geschritten worden, als bis die selbstständigen, meistens durch die Berührung mit der äusseren Luft auftretenden, peristaltischen Bewegungen des Uterus ganz aufgehört haben.

Die Hauptergebnisse dieser Versuche sind folgende:

1. Der Plexus uterinus enthält die wichtigsten, wenn nicht die einzigen motorischen Nerven, welche wirkliche Bewegungen des Uterus bei Reizungen ihrer peripherischen Enden hervorrufen können. (Reizung der centralen Enden erzeugt nur heftiges Erbrechen).

2. Reizung der centralen Enden der ersten beiden Sacralnerven erzeugt auf reflectorischem Wege heftige Uterusbewegungen, welche nach vorheriger Durchtrennung des Plexus uterinus verschwinden. (Reizung der peripherischen Nerven erzeugt nur heftige Contractionen der Harnblase und des Rectums),

3. Reizungen der Nn. brachialis, cruralis, medianus, ischiadicus etc. rufen keine peristaltischen Bewegungen des Uterus, sondern nur eine kleine Steifung und Erblassen desselben hervor.

4. Der Erfolg der Reizung dieser Nerven verschwindet, wenn man vorher die Aorta zuklemmt. Reizung der centralen Enden der Nn. sacrales leitet aber auch nach diesem Zuklemmen noch peristaltische Bewegungen des Uterus ein.

5. Erstickung durch zeitweilige Unterbrechung der Athmung bewirkt heftige peristaltische Bewegungen des Uterus, wahrscheinlich durch directe Erregung der glatten Muskelfasern durch die angehäufte Kohlensäure.

Trouville, August 1873.

---

10. Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Rückenmarke.

(Bulletin de l'Acad. des Scienc. de St.-Petersbourg, 18. Decemb. 1873.)

Die Ausmessung der Geschwindigkeit, mit welcher sich der Erregungsprocess durch die centralen Nervenmassen fortpflanzt, ist von hohem Interesse sowohl für die Theorie der Erregungsprocesse, als auch für die Physiologie der Ganglienzellen. Ich habe daher im Jahre 1870 versucht, solche Messungen auszuführen und habe die damals erhaltenen Resultate in der Gesellschaft der Petersburger Naturforscher mitgetheilt, in deren Protocollen auch dieselben veröffentlicht wurden. In derselben Sitzung habe ich auch die von mir benutzten Vorrichtungen demonstrirt und bei dieser Gelegenheit einen Probeversuch ausgeführt.

Seitdem habe ich diese Untersuchungen mehrmals wieder aufgenommen und will hier in Kurzem die weiteren Resultate derselben vorläufig mittheilen, da indessen, wie aus der von Rosenthal der Berliner Akademie der Wissenschaften gemachten Mittheilung hervorgeht, auch von anderer Seite her dieselbe Frage in Angriff genommen wurde.

Die von mir benutzten Vorrichtungen werde ich bei einer späteren Gelegenheit ausführlich beschreiben*), hier nur die Angabe, dass zur Aufzeichnung der Muskelcontractionen das Marey'sche Myographion benutzt wurde, dessen Hebel seine Bewegungen auf einer kreisförmigen Scheibe (Fig. 2, Taf. VI) aufzeichnete, welche mit grosser Gleichmässigkeit 8 Umdrehungen in der Secunde ausführte. Die messbare Zeitdauer war also äusserst gering, und hing deren Werth natürlich von der Grösse des Radius der aufgezeichneten kreisförmigen Curve ab. Zur Reizung des Rückenmarks wurden verschiebbare nadelförmige Elektroden benutzt, welche in einer constanten Entfernung von einander befestigt, immer bis zu derselben Tiefe ins blossgelegte Rückenmark hineingestochen wurden.

Die zuerst angestellten Versuche hatten zum einfachen Zweck, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Rückenmarke selbst zu ermitteln, wenn dasselbe sich in möglichst normalen Verhältnissen befindet. — Sämmtliche Messungen sind an Fröschen ausgeführt, die eine bis zwei Stunden bei gewöhnlicher Zimmertemperatur aufbewahrt wurden; das Rückenmark wurde mit möglichst geringem Blutverlust blossgelegt, vom Gehirne getrennt und während der ganzen Versuchsdauer in feuchter Luft vor Austrocknung geschützt.

Eine grosse Anzahl solcher auf verschiedenen Höhen ausgeführten

*) Siehe meine physiologische Methodik, Giessen 1876. Siehe auch unten am Schluss die Erklärung der Figur 2, 3 und 4 auf Tafel VI.

Messungen ergab für das Rückenmark eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 1 bis 3 Meter in der Sekunde; die am häufigsten erhaltene Geschwindigkeit war $1^1/_2$ bis 2 Meter. Im Vergleich zur Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Nervenstamm, sind also die für das Centralnervensystem erhaltenen Zahlen äusserst gering. Die Erregung hat beim Durchgang durch die Ganglienzellen wahrscheinlich grosse Widerstände zu überwinden.

Die erhaltenen Zahlen können also natürlich nur mit denen, an Nervenstämmen unter denselben Bedingungen conservirter Frösche erhaltenen, verglichen werden. Ich habe daher mehrere Messungen an Nervenstämmen vorgenommen und zwar sowohl mittelst des Helmholz'schen Myographions an ausgeschnittenen Nerven als mittelst des Marey'schen an nicht ausgeschnittenen. Für die erste erhielt ich eine Geschwindigkeit von 7 bis 11 Meter, für die letzteren von 15 bis 20 Meter in der Secunde. Wie ersichtlich ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung bei unseren (meistens sehr kleinen) Fröschen eine ziemlich geringe. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist dennoch im Rückenmarke etwa um zehn mal geringer als im nicht ausgeschnittenen Nervenstamm.

Ich will aus diesen Versuchen vorläufig das eine Ergebniss hervorheben, das nämlich, dass derselbe Vorgang (die Erregung) so bedeutend verschiedene Geschwindigkeiten zu seiner Fortpflanzung braucht, je nach der Mitte, in der diese Fortpflanzung geschieht. (Für eine andere Bewegungsart ist Aehnliches schon durch Stefan's Untersuchungen über die Fortpflanzung des Schalls durch Wachs- und Kautschukstäbe erwiesen).

Dieses Ergebniss ist insofern von Wichtigkeit, als es einige Bedenken über die Identificirung der Nervenkräfte mit electrischen Kräften beseitigt, welche aus der relativ geringen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung entstanden sind.

Die übrigen Versuche hatten zum Zweck, die Einflüsse, welche diese Fortpflanzungsgeschwindigkeit modificiren können, zu eruiren. Von Versuchen dieser Art will ich hier nur auf eine Reihe aufmerksam machen, die sich mit dem Einfluss des Grosshirns auf diese Fortpflanzungsgeschwindigkeit beschäftigt.

Der Ideengang, welcher mich bei meinen Versuchen dieser Art leitete, war folgender. Seit Türk zur Messung der Reflexthätigkeit die Methode einführte, die Zeitdauer zu messen, welche vom Moment der Hautreizung bis zum Erscheinen der Reflexbewegungen vergeht, haben die meisten Physiologen stillschweigend diese Methode adoptirt, mit der Voraussetzung, dass diese Dauer der Stärke der Reflexthätigkeit entspricht.

Als die Thatsache constatirt wurde, dass durch Reizung gewisser Hirntheile (Setschenow) oder irgend eines Abschnitts des Centralnervensystems (Schiff) diese Zeitdauer bedeutend verlängert wird — hat man einfach aus dieser Thatsache geschlossen, dass solche Reizungen die Reflexthätigkeit als solche hemmen. In wiefern eine solcher Schluss zulässig, wurde, so viel mir bekannt, niemals discutirt, noch weniger dessen Zulässigkeit bewiesen. Und doch ist ein solcher Schluss sehr gewagt. Ueber eine Verstärkung, resp. auf eine Hemmung der Reflexe konnte folgerichtig nur auf doppelte Weise Auskunft erhalten werden: entweder wenn eine gleich starke Reflexbewegung durch eine schwächere, resp.

stärkere Reizung hervorgebracht werden kann, oder wenn bei gleichbleibender Stärke der Hautreizung die Intensität der reflectorischen Muskelzuckungen zu-, resp. abnimmt. Die Türk'sche Methode giebt aber nur über die Dauer Aufschluss, welche ein Reiz gebraucht, um von der Haut durchs Rückenmark zu den Muskeln zu gelangen, mit anderen Worten, diese Methode misst nur die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Reizes durch die peripheren und centralen Nervenstücke.

Die von mir benutzte Methode der direkten Messung dieser Fortpflanzungsgeschwindigkeit gestattete mir eine bestimmte Entscheidung über die Bedeutung dieser Türk'schen Methode, also auch der mittelst ihrer gewonnenen Resultate zu erlangen.

Der Plan der anzustellenden Versuche war direct durch die Fragestellung selbst angezeigt: es musste untersucht werden, ob diejenigen Einflüsse, welche auf Grund der mit der Türk'schen Methode gewonnenen Resultate als fördernd oder hemmend auf die Reflexthätigkeit betrachtet werden, nicht im gleichen Sinne auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit wirken.

Ich führe hier als Beispiele ein Paar Versuche an, deren Ergebniss mit der Mehrzahl ähnlicher gleichlautend ist.

No. des Versuchs.	Fortpflanzungsgeschwindigkeit normal.	Schnitt durch die Sehhügel.	Reizung der Schnittfläche mit Reizung.	Entfernung zwischen den Reizstellen.	Bemerkungen.
I	0,016	0,008	0,015	10 Millimeter	
II	0,006 [1]	0,019 [2] 0,002 [3] 0,004 [5]	0,013 [4]	6 Millimeter	Frische Frösche.

Ich habe es vorgezogen, in diesen Versuchen einfach die Zeitdauer anzugeben, welche die Erregung bedurfte, um eine gewisse Rückenmarkstrecke zu durchlaufen. Die Strecke wurde gewöhnlich von der brachialen Anschwellung nach unten gewählt. Im zweiten Versuch ist die Zahl [2]) sofort nach Ausführung des Schnitts, [3]) einige Minuten darauf, [4]) bei Reizung mit Kochsalz, [5]) nachdem das Kochsalz entfernt wurde, erhalten.

Aus diesen und gleichlautenden Versuchen geht also deutlich hervor, dass Reizung gewisser Hirnpartien die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Rückenmarke zu verlangsamen, die Entfernung der Hemisphären dieselbe zu beschleunigen vermag. Der Einfluss dieser Entfernung ist natürlich so zu deuten, dass durch dieselbe die Erregung, welche von den Hemisphären zeitweilig ausgeht, beseitigt wird. Da ähnliche Erregungen nicht fortwährend, sondern nur momentanweise einwirken, so beobachtetet man auch die Beschleunigung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit nach Abtragung der Hemisphären viel seltener als die Verminderung derselben bei Reizung der Sehhügel.

Mit anderen Worten, durch Erregungen der centralen Hirnpartien wird wahrscheinlich nicht die Reflexthätigkeit als solche gehemmt, sondern nur die Uebertragungszeit der Erregung verlängert. Da man die auftretenden Erscheinungen zur Genüge aus dieser Verlängerung allein erklären kann, so fällt natürlich die Nothwendigkeit weg, ausserdem noch eine unerwiesene Verminderung der Reflexthätigkeit selbst anzunehmen.

Gegen die Berechtigung des eben gemachten Schlusses lässt sich folgender gewichtige Einwand machen. Da ich die Reizungen des Rückenmarkes in der Weise vorzunehmen pflege, dass die reizenden Elektroden durch die Hinterstränge hindurch zu den Vordersträngen geleitet werden, so kann der Verdacht entstehen, ich habe es überhaupt nur mit von den Hintersträngen auf die Vorderstränge reflectirten Erregungen, nicht aber mit direkter Reizung der Vorderstränge selbst, zu thun gehabt. — Aber abgesehen davon, dass es noch durchaus fraglich ist, ob man berechtigt ist, solche von den Hintersträngen und der grauen Substanz aus hervorgerufene Zuckungen als reflectirte zu betrachten, giebt es einen direkten Beweis für die Unzulässigkeit des angeführten Einwandes. Zur Reizung des Rückenmarks verwendete ich einzelne heftige Schliessungsschläge eines Inductionsapparates: bekanntlich aber ist die Dauer eines einzelnen Inductionsschlags zu gering, um Reflexwirkungen hervorrufen zu können.

Dien erhaltene Contractionen waren also wirklich durch Reizung der Vorderstränge resp. der grauen Substanz veranlasst. Es ist auch nicht einzusehen, warum die durch die graue Masse und die Vorderstränge hindurchgestochenen Electroden ausser Stande sein sollten, dieselben direct zu erregen.

Man könnte diesen Einwand auch dadurch zu beseitigen suchen, dass man die hintere Partie des Rückenmarks abträgt und dann den Reiz direkt auf die Vorderstränge applicirt. Ich habe aber von einer ähnlichen Beweisführung abstehen müssen, da mir schon die ersten Versuche gezeigt haben, wie eingreifend eine solche Abtragung der Hinterstränge auf die Leitungsfähigkeit der Vorderen wirkt. Zur Veranschaulichung dieser eingreifenden Wirkung will ich hier ein Paar Versuche mittheilen:

Nummer des Versuchs	Rückenmark intact und vom Gehirn getrennt.	Hinterstränge abgetragen.	Distanz zwischen den beiden Reizstellen.
III	0,004 Sec,	0,025 Sec.	5 Millimeter.
IV	0,005 Sec.	0,015 Sec.	5 Millimeter.

Wie man sieht, nimmt die Leitungsfähigkeit der Vorderstränge, (wahrscheinlich nur in Folge des operativen Eingriffs als solchen), bedeutend ab, wenn man die Hinterstränge entfernt.

Wenn ich aber auch davon Abstand nehmen musste, direkte Versuche an solchen Vordersträngen zu machen, so glaube ich schon diese Verminderung der Leitungsfähigkeit selbst als Beweis gegen den reflec-

torischen Ursprung der Contractionen gebrauchen zu können, welche in meinen Versuchen bei Reizung des intacten Rückenmarks erhalten wurden. Wären nämlich diese Contractionen reflectorischen Ursprungs, so sollte man erwarten, dass der Reiz bei intactem Rückenmarke mehr Zeit gebrauchen wird, um eine gewisse Strecke des Rückenmarks zu durchlaufen, als wenn er direkt die Vorderstränge erregt. Die angeführten Versuche ergeben gerade das Gegentheil.

Wenn die angeführten Versuche also darthun, dass dieselben Einflüsse, welche als fördernd oder verzögernd auf die Reflexthätigkeit angesehen wurden, in ganz demselben Sinne auf die Leitungsfähigkeit wirken, so können die mit der Türk'schen Methode angestellten Versuche nicht als beweisend für die Existenz reflexhemmender Centra angesehen werden, da, wie schon oben hingewiesen wurde, mit der Türk'schen Methode hauptsächlich die Uebertragungsdauer der Erregung gemessen wird. Damit soll nicht behauptet werden, dass solche reflexhemmenden Centra gar nicht existiren. Es ist jetzt nur klar, dass die bisher für die Existenz solcher Centra gelieferten Beweise kaum beweisend sind, da die zur Messung der Intensität der Reflexbewegungen benutzte Methode ganz andere Grössen misst. In der nächsten Mittheilung werde ich über Versuche berichten, welche solche direkte Messungen zum Zwecke hatten, dann werde ich auf diese Reflexcentra eingehender zurückkommen.

Ich will am Schlusse noch Versuche mittheilen, welche zum Zwecke hatten, die Zeitdauer zu bestimmen, die ein Reiz braucht, um von den hinteren Wurzeln zu den vorderen derselben Seite und Höhe zu gelangen.

Bei diesen Versuchen wurden zur Reizung Schliessungsschläge eines constanten Stromes verwendet, welche von einer 4 bis 6 Grove'sche Elemente enthaltenden Batterie erzeugt wurden. Als mittlere Zeitdauer ergab sich die Grösse von 0,002 bis 0,004 Secunden.

Diese Dauer, welche sich auf Querleitung des Reizes durchs Rückenmark bezieht, scheint durch Gehirnabtragungen, resp. Reizungen gewisser Hirntheile in gewisser Weise beeinflusst zu werden.

Der Einfluss der Temperaturänderungen auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Nerven und im Rückenmarke war der Gegenstand der auf dieselbe Weise ausgeführten Versuche. Ueber diese Letzteren soll nächstens berichtet werden.

---

11. Zur Hemmungstheorie der reflectorischen Erregungen.

(Ludwig's Jubelband, 1874.)

Bei Gelegenheit meiner früheren Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Rückenmarke bin ich auf Thatsachen gestossen, welche in mir einige Zweifel über die Zuverlässigkeit der Türk'schen Messungsmethode der Reflexthätigkeit aufkommen liessen.

In der ersten Mittheilung (Bulletin de l'Acad. des sciences de St. Petersbourg. Décembre 1873) dieser Untersuchungen sprach ich mich über diese Thatsachen folgendermassen aus:

„Der Ideengang, welcher mich bei meinen Versuchen dieser Art leitete, war folgender: Seit Türk zur Messung der Reflexthätigkeit die Methode einführte, die Zeitdauer zu messen, welche vom Moment der Hautreizung bis zum Erscheinen der Reflexbewegungen vergeht, haben die meisten Physiologen stillschweigend diese Methode adoptirt, mit der Voraussetzung, dass diese Dauer der Stärke der Reflexthätigkeit entspricht."

„Als die Thatsache constatirt wurde, dass durch Reizung gewisser Hirntheile (Setschenow) oder irgend eines Abschnittes des Centralnervensystems (Schiff) diese Zeitdauer bedeutend verlängert wird, hat man einfach aus dieser Thatsache geschlossen, dass solche Reizungen die Reflexthätigkeit als solche hemmen. In wiefern ein solcher Schluss zulässig, wurde, so viel mir bekannt, niemals discutirt, noch weniger dessen Zulässigkeit bewiesen. Und doch ist ein solcher Schluss sehr gewagt. Ueber eine Verstärkung resp. eine Hemmung der Reflexe konnte folgerichtig nur auf zweierlei Weise Auskunft erhalten werden: entweder wenn eine gleich starke Reflexbewegung durch eine schwächere resp. stärkere Reizung hervorgebracht werden kann, oder wenn bei gleichbleibender Stärke der Hautreizung die Intensität der reflectorischen Zuckungen zu-, resp. abnimmt. Die Türk'sche Methode giebt aber nur über die Zeit Aufschluss, welche ein Reiz gebraucht, um von der Haut durchs Rückenmark zu den Muskeln zu gelangen: mit anderen Worten, diese Methode misst nur die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Reizes durch die peripheren und centralen Nervenstücke."

Ich theilte sodann Versuche mit, welche entscheiden sollten, ob diejenigen Einflüsse, welche auf Grund der mit der Türk'schen Methode gewonnenen Resultate als fördernd oder hemmend auf die Reflexthätigkeit betrachtet werden, im gleichen Sinne auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit wirken.

Das Ergebniss dieser Versuche hat eine bejahende Antwort geliefert: Reizung gewisser Hirnpartien vermindert die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Rückenmarke, die Entfernung der Hemisphären vermag dieselbe zu erhöhen.

Man könnte also die scheinbare Hemmung der Reflexthätigkeit zu erklären suchen durch eine bei Reizung gewisser Hirnpartien eintretende Verlängerung der Uebertragungszeit der Erregung in den centralen Rückenmarkstheilen.

Ich liess damals die Frage über den Werth dieser Erklärung offen, da eine Entscheidung derselben nur durch Versuche zu erzielen war, in welchen die Reflexthätigkeit auf die oben angedeutete, direkte Weise gemessen werden musste.

Solche Versuche habe ich seitdem ausgeführt, und will hier kurz deren Ergebniss mittheilen. Zur Messung der Veränderungen der Reflexthätigkeit wählte ich die Bestimmung der Stärke der reflectorisch erregten Muskelzuckungen bei möglichst gleichbleibender Intensität der Hautreize.

Diese Bestimmung wurde gewonnen mittelst des Marey'schen Froschmyographen, der bekanntlich die Contractionsgrösse des M. gastrocnemius auf eine rotirende Trommel verzeichnet. Zur Reizung der Haut benutzte ich in schwacher Schwefelsäurelösung getränkte Stückchen Fliesspapier, welche in demselben Versuche auf dieselben Hautstellen gebracht wurden. Sobald die Muskelzuckung eintrat, wurde die Hautstelle sorgfältig durch einen ausgiebigen Wasserstrahl gewaschen.

Die Versuchsanordnung war im Allgemeinen folgende: Einem Frosche, dessen Hirnhemisphären bis zu den Thalami optici entfernt waren, wurde die Sehne des Gastrocnemius freigelegt und mit dem Marey'schen Schreibapparate verbunden. Die Feder des Myographen zeichnete auf der mit geringer Geschwindigkeit vorbeigehenden Trommel eine Abscisse, welche der Länge des ruhenden Gastrocnemius entsprach.

Sodann wurde mit einer Pincette das reizende Papierstückchen an einer Stelle (gewöhnlich in der Kniebeuge oder oberen Schenkelgegend) der Haut applicirt; nach einiger, bei bekannter Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel leicht messbaren Zeit trat eine Contraction des Gastrocnemius ein, deren Höhe und Form in bekannter Weise aufgezeichnet wurde.

Sodann wurde das Papierstückchen entfernt, die Haut sorgfältig gewaschen und die Feder auf eine andere Stelle der Trommel eingestellt. Auf die Schnittfläche der Thalami wurde ein Stückchen Kochsalz gelegt, und wieder der Stand der Feder bei ruhendem Gastrocnemius auf die sich bewegende Trommel verzeichnet. Ein gleich grosses Stückchen Fliesspapier, dass in derselben Schwefelsäurelösung getränkt war, wurde nun auf dieselbe Hautstelle applicirt. Das häufigste Ergebniss der auf die beschriebene Weise ausgeführten Versuche lässt sich nun folgendermassen zusammenfassen.

Befindet sich die Thalamigegend im Zustande der Erregung (durch das Kochsalz), so wird der Eintritt der reflectorischen Zuckungen bedeutend verzögert; aber annähernd zu derselben Zeit nach Beginn der Hautreizung, wo bei unerregten Thalami eine vollständige Zuckung eintrat, beginnt der Gastrocnemius allmählich kürzer zu werden, was dadurch sich erkennbar macht, dass die Feder des Myographs, statt wie früher eine in sich zurückkehrende, horizontale Linie zu zeichnen, auf der, 8 Umdrehungen in einer Minute vollbringenden Trommel eine Spirallinie zu beschreiben anfängt, deren Steigung nur 0,1 bis 0,25 Mm. auf 100 Mm. Länge beträgt. Ehe die Zuckung eintritt, ist die Feder über ihren früheren Stand um 3—10 Mm. gehoben. Die nach Verlauf einer Minute oder noch später eintretende Zuckung ist meistens bedeutend stärker, als die früher, ohne Reizung der Thalami erhaltene. Die Contractionshöhe ist sogar, von der letztgezeichneten Abscisse an gemessen, noch um mehere Millimeter grösser als die frühere Zuckung.

Wir beobachten also, bei der bekannten Art die Reflexe zu hemmen, zwei Erscheinungen: 1) Fast sofort nach Application des Reizes beginnt der Gastrocnemius sich allmählich bis zum Eintritt der Zuckung zu verkürzen. 2) Die verspätet eintretende Zuckung ist oft nicht unbeträchtlich intensiver, als die früher erhaltene.

Entfernt man das Kochsalz von der Schnittfläche des Gehirnes, und wiederholt den eben beschriebenen Versuch, so erhält man eine Zuckung, welche, sowohl nach der Zeit ihres Eintritts, wie nach ihrer Höhe fast vollständig der ersten, vor der Reizung der Thalami erhaltenen gleicht.

Ausnahmen von diesem Verhalten sind bei diesen Versuchen nicht häufiger, als bei den nach der Türk'schen Methode angestellten.

Aus den beobachteten zwei Erscheinungen folgen unmittelbar einige Ableitungen, welche für das Verständniss der reflexhemmenden Mechanismen von eingreifender Bedeutung sind.

Die erste Erscheinung beweist, dass die Reizung der reflexhemmenden Centren die Uebertragung der Erregungen von den sensiblen auf die motorischen Gebilde nicht zu verhindern vermag. Wenn diese Erregungen auch nicht sofort eine plötzliche Contraction auszulösen im Stande sind, so veranlassen sie doch fast gleich bei ihrem Entstehen ein allmähliches Kürzerwerden der betreffenden Muskeln: sie pflanzen sich also durch die ganze Kette der beim Reflex betheiligten Gebilde, wie: sensible Nervenfaser, Ganglienzelle, motorische Faser und Muskel hindurch fort.

Die zweite Erscheinung, die Zunahme der Contractionshöhe, beweist, dass durch die Reizung der erwähnten Centren eine theilweise Aufspeicherung der erregenden Kräfte bei der Verspätung des Zuckungseintritts bewerkstelligt wird.

Wenn wir uns nun zu der Frage wenden, welche Deutung wir nach diesen Versuchen dem Wesen des Hemmungsvorganges geben müssen, so stellt es sich heraus, dass es mit deren Hülfe viel leichter ist, einige Deutungen dieses Wesens auszuschliessen, als eine richtige mit absoluter Gewissheit abzuleiten.

Es ist nämlich aus unseren Beobachtungen ganz klar, dass die Hemmung der Reflexe weder in einer Verminderung des Ueberganges der Erregungen von den sensiblen Nervenpartien auf die motorischen, noch in einer merklichen Zerstörung der erregenden Kräfte bestehen kann. Sie ist also keine wirkliche Hemmung, sondern nur eine Verzögerung.

Es bleiben demnach, meiner Ansicht nach, nur noch zwei Möglichkeiten, welche das Wesen der Verzögerung zu erklären vermögen.

1) Man kann annehmen, sie beruhe nur auf der Verminderung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregungen in den centralen Hirnpartien. — Wir haben schon in der oben citirten Untersuchung gesehen, dass eine solche Verminderueg bei Reizung der Thalami wirklich stattfindet; dass sie aber die beobachteten Hemmungserscheinungen ungezwungen erklären kann, ist aus folgender Ueberlegung klar.

Das Gesetz der Nervenerregung besagt, dass der Nerv nur erregt wird, wenn seine Molecüle plötzlich aus einem Gleichgewichtszustande in einen andern übergeführt werden; andererseits antwortetet der Muskel nur dann mit einer Zuckung auf die Erregung seiner Nervenfaser, wenn das plötzliche Anschwellen derselben eine gewisse Höhe erreicht.

Wenn nun die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregungen im Rückenmarke beträchtlich vermindert wird, so kann nur ein sehr allmählicher Uebergang der in der Peripherie veranlassten Erregungen auf die

centralen Nervengebilde, also auch nur ein allmähliches Anschwellen der Erregung derselben stattfinden. Dieses allmähliche Anschwellen vermag nur eine ebenso langsam vor sich gehende Verkürzung hervorzurufen. Nur wenn durch die immer an der Peripherie fortdauernde Erregung die Spannung der Reizkräfte schon eine beträchtliche Höhe erreicht hat, brechen dieselben endlich in die motorische Faser ein und erzeugen eine heftige Contraction der Muskeln.

Aus der sehr kleinen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung durch die centralen Rückenmarkpartien habe ich in der oben citirten Abhandlung geschlossen, dass die Erregung beim Durchgang durch die Ganglienzellen grosse Widerstände zu überwinden hat und daher deren Fortpflanzung verzögert wird. Reizung der Thalami optici vergrössert diese Widerstände, wodurch die früher schon nachgewiesene Verlangsamung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit bewiesen wird.

Nichts liegt, mit einem Worte, näher, als die Annahme, die Verzögerung der Reflexe stamme von einer Vergrösserung der Widerstände, welche sich der Fortpflanzung der Erregung durch die Ganglienzellen entgegenstellen.

Ich neige mich auch ganz zu dieser Deutung des Reflexhemmungsmechanismus. (Es war mir sehr erfreulich, in der im Februar 1874 in Pflüger's Archiv erschienen zweiten Abhandlung von Exner: „Ueber Reflexzeit und Rückenmarksleitung", welche schon im December geschrieben war, also zur Zeit, wo meine Abhandlung erst der hiesigen Akademie vorgelegt wurde, eine grosse Uebereinstimmug der Resultate mit den meinigen zu finden. Trotzdem die von Exner angewandte mechanische Reizungsmethode vieldeutig ist und, wie er selbst zugesteht, grosse Fehlergrenzen zulässt, ist nicht nur sein Hauptresultat: die Verzögerung der Erregung in den Ganglienzellen, sondern es sind auch seine numerischen Ergebnisse den meinigen überraschend nahestehend).

2) Man kann die Vermuthung aufstellen: Die Verzögerung der Reflexe rühre daher, dass zwar die Fortpflanzung der Erregung weder verhindert noch verzögert wird, die erregenden Kräfte aber, welche von den sensiblen Nerven aus in die Ganglienzellen des Rückenmarks gelangen, Interferenzen mit denjenigen eingehen, welche von dem Hirn durch die Kochsalzreizung gesetzt werden. Ein Theil der erregenden Kraft würde also für die Reizung der motorischen Wurzeln verloren gehen; der Rest nur den normalen Tonus erhöhen, aber keine Zuckung auszulösen vermögen. Nur wenn die Hautreizung lange andauert, erreicht durch Summation der Reize die Erregung der Ganglienzellen den nothwendigen Spannungsgrad, um Zuckung zu erzeugen.

Ich habe an einer andern Stelle (Hemmungen und Erregungen im Centralsystem der Gefässnerven. Bulletin de l'Acad. des Sciences de St. Pétersbourg. 1870) eine ähnliche Hypothese zur Erklärung der in den Herzganglien und im Gefässnervencentrum stattfindenden Hemmungen aufgestellt.

Für die hier in Betracht kommenden Verhältnisse ist diese Hypothese aus mehreren triftigen Gründen unzulässig. Hauptsächlich, weil man sonst erwarten müsste, dass die Erregungen in den Ganglien angehäuft werden und nur dann auf die Wurzeln übergehen, wenn sie

trotz der durch Interferenzen erlittenen Einbusse eine gewisse Spannung erlangt haben.

Meine Versuche zeigen nun aber, dass ein fortwährender Uebergang der Erregungen auf die motorischen Nerven stattfindet; es giebt also gar keinen Grund für eine Anhäufung der Reizkrafte in den Ganglienzellen.

Eine solche Anhäufung kann aber sehr leicht vorkommen, wenn die Fortpflanzungsgeschwindigkeit verkleinert, ohne dass ein Theil der erregenden Kräfte durch Interferenzen aufgehoben wird: hier ist es begreiflich, dass in Folge der Widerstände in den Ganglienzellen anfangs nur ein sehr allmählicher Uebergang der Reize auf die motorischen Fasern stattfindet, dass aber, wenn die in der Peripherie fortdauernde Erregung endlich diese Widerstände in den Zellen überwindet, ein plötzlicher Durchbruch dieser Reizkräfte geschieht.

Die sub 2 gegebene Deutung hat aber auch den Nachtheil, dass sie der Voraussetzung einer in der Ganglienzelle vor sich gehenden Interferenz bedarf, während die erste nur auf der schon nachgewiesenen Thatsache fusst, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Rückenmarke bei Reizung der Thalami wirklich abnimmt.

Eine directe Entscheidung zwischen diesen beiden Deutungen kann nur geliefert werden, wenn anstatt fortdauernder chemischer Reizung nur eine gewisse, genau nach Dauer und Intensität messbare elektrische Reizung zur Auslösung der Reflexe gebraucht wird. Man wird dann in der Stärke der Muskelzuckung ein genaues Maass für die auf die motorischen Nerven übergehenden Reize besitzen.

Solche Versuche anzustellen, war auch während längerer Zeit mein Bestreben; es ist mir aber nur unlängst gelungen eine vorwurfsfreie Methode dafür herauszufinden. Ich behalte mir daher vor, in nächster Zeit darüber fernere Mittheilungen zu machen.

Für welche dieser beiden Deutungen meine ferneren Versuche auch zeugen mögen, so viel ist aber schon aus den bis jetzt mitgetheilten klar, dass es weder specielle reflexhemmende Centra noch besondere diese hemmenden Einflüsse leitende Fasern giebt.

Ich will am Schlusse noch eines der Ergebnisse dieser Untersuchung nach einer anderen Seite hin beleuchten.

Wir haben oben gesehen, dass, wenn der Eintritt der Reflexzuckung durch Reizung der Thalami verzögert wird, ein Theil der von der Peripherie her gelangenden Reize zur Erhöhung des Tonus der Muskeln verwendet wird. Dies bestätigt nicht nur die Existenz dieses Tonus, sondern beweist auch die Richtigkeit der mehrmals bestrittenen (Bezold, G. Heidenhain) Deutung, welche ich auf Grund meiner bereits vor neun Jahren ausgeführten Untersuchung „Ueber den Einfluss der hinteren Wurzeln des Rückenmarkes auf die Erregbarkeit der vorderen“ diesem Tonus gegeben habe.

Es sei mir an diesem Orte gestattet, daran zu erinnern, dass die oben citirte Arbeit zu den ersten Untersuchungen gehört, welche unter Leitung des Herrn Professor Ludwig in der provisorischen physiologischen Anstalt zu Leipzig angestellt worden sind, und dass sie neben der Abhandlung von Giannuzzi „Ueber die Speichelabsonderung“, am 27. November 1865 Gegenstand der ersten wissenschaftlichen Mittheilung

unseres hochverehrten Lehrers an die königlich sächsische Gesellschaft der Wissenschaften gewesen ist.

Schon Bezold (Centralblatt f. med. Wiss. 1867. Nr. 39) war bei seinem Versuche, meine auf diesen Einfluss bezüglichen Angaben zu widerlegen, auf eine Beobachtung gestossen, die ihrer Ursache nach der jetzt von mir mitgetheilten analog ist. Diese Beobachtung lehrte, dass peripherische Reizungen sensibler Nerven, welche zu schwach sind, um Reflexe hervorzurufen, doch im Stande seien, die Erregbarkeit der vorderen Wurzeln zu erhöhen. Nur ist es Bezold damals entgangen (s. oben meine Einleitung zur Untersuchung über den Tonus der willkürlichen Muskeln), dass diese seine Beobachtung geradezu mit Nothwendigkeit meine Resultate bedingt.

Die jetzt von mir beobachtete Erhöhung des Tonus hat natürlich ganz dieselbe zu Gunsten meiner früheren Untersuchungen zeugende Kraft, wie die Beobachtungen Bezold's. Ich werde nächstens über Versuche berichten, welche auf alle diese Frage betreffenden Erscheinungen neues Licht werfen (siehe oben die der Société de Biologie gemachte Mittheilung).

---

12. Ueber die Nerven des Peritoneum.

(Berichte der sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, 1868.)

Bei meinen histologischen Studien im Gebiete des Nervensystems wurde ich von Herrn Prof. Schweigger-Seidel auf das Peritoneum verwiesen, da sich möglicherweise manche Frage über die Endigungsweise der Nerven hier besser zur Entscheidung bringen liess als an andern Orten. Als zur Untersuchung besonders geeignet empfahl sich derjenige Theil des Froschperitoneum, welcher die Scheidewand zwischen Bauchhöhle und Cysterna magna lymphatica bildet*), weil derselbe bei grosser Zartheit verhältnissmässig reich an Nervenfasern ist und keine Blutgefässe einschliesst, — Alles Umstände, welche die Gewinnung klarer Bilder versprachen. Da ferner in dieses Häutchen sternförmige Pigmentzellen verstreut eingelagert sind, und da in gewissen Fällen Flimmerzellen auf ihm vorkommen, so liess sich die Untersuchung gleichzeitig auf die etwaige Beziehung dieser Gebilde auf die Nervenenden ausdehnen. Ich habe daher hauptsächlich diesem Theile des Froschperitoneum meine Aufmerksamkeit zugewendet, habe aber selbstverständlich auch andere Stellen und andere Thiere (Kaninchen und Meerschweinchen) berücksichtigt.

Mit der Untersuchung der frischen Gewebe ist nicht viel zu ge-

---

*) Vgl. über diese Scheidewand: Schweigger-Seidel u. Dogiel, Sitzungsber. d. math.-phys. Cl. d. K. S. Ges. d. Wissensch. XVIII, 248; auch Arbeiten d. physiol. Instituts zu Leipzig für 1866. S. 68.

winnen, da die besonders an ausgeschnittenen Häutchen scharf conturirten, geschlängelt verlaufenden Bindegewebsbündel das Verfolgen der feinen Nervenfasern unmöglich machen. Es ist desshalb nothwendig, die faserige Grundsubstanz zum Quellen zu bringen, und würde in der That ein vierundzwanzigstündiges Einlegen in dünne Essigsäure (1 : 400) zur Gewinnung vollkommen brauchbarer Präparate genügen, wenn nicht die mehr oder weniger reichlich entwickelten elastischen Fasern störend wirkten. Allerdings kann man im einzelnen Falle fast immer eine feinste Nervenfaser schon durch ihr optisches Verhalten als solche erkennen, aber die zarten Gebilde werden doch zu leicht verdeckt, und es verdienen desshalb immer solche Präparate den Vorzug, in denen eine Färbung der nervösen Elemente erzielt worden ist.

Ueberosmiumsäure erwies sich ebenso wie das Chlorpalladium hier, wo wir uns im Gebiete der marklosen Nervenfasern befinden, von keinem besonderen Nutzen, während das Chlorgold seine guten Dienste nicht versagte. Allerdings erhielt ich mit den von Cohnheim angegebenen Mischungsverhältnissen, welche bei der Cornea so sicher zum Ziele führen, keine günstigen Resultate, weil sich das Bindegewebe meist ebenso stark färbte wie die Nerven, wenigstens wie die marklosen feinen. Will man die Goldfärbung für letztere nutzbar machen, so ist es rathsam, etwa nach folgender Vorschrift zu verfahren. Essigsäure in Verdünnung 1 (wasserfr. S.) : 200 wird mit Chlorgold versetzt, so dass dieses im Verhältniss von 1 : 1000 vorhanden ist. In diese Mischung werden die ausgeschnittenen Häutchen 15—20 Minuten eingelegt, nach dem Abspülen 24 Stunden in der einfachen dünnen Essigsäure aufbewahrt und alsdann in Glycerin oder Farrant'sche Flüssigkeit eingebettet. Wie anderwärts so auch hier nicht immer constante Resultate.

Auch der Höllenstein kann bekanntlich zur Darstellung der feinen Nervenfasern verwendet werden. In gelungenen Präparaten ist die Bindegewebsgrundsubstanz farblos, dagegen sind die Nervenfasern bis in ihre feinsten Verzweigungen schwarz gefärbt; sie geben sehr scharfe Bilder. Zweckmässig ist es, beim Peritoneum das Epithel zu entfernen oder wenigstens dafür Sorge zu tragen, dass keine diffuse Trübung der Oberfläche entsteht.

Um alsdann über einzelne besondere Verhältnisse mehr ins Klare zu kommen, als dies an den Gold- und Silberpräparaten möglich, benutzte ich schliesslich noch eine Art der Carminfärbung, welche vom Prof. Schweigger-Seidel vielfach erprobt ist und gleichfalls sehr brauchbare Resultate gewährt, wenngleich ausser den Nervenfasern und ihren Kernen auch noch die anderen Kerne des Epithels und des Bindegewebes gefärbt werden. Näheres über die Methode wird in einem Anhange zu dieser Arbeit mitgetheilt werden.

Wenn jetzt das Verhalten der Nerven in der Scheidewand zwischen Bauchhöhle und Cysterna lymph. des Frosches besprochen werden soll, so muss zunächst hervorgehoben werden, dass dies Verhalten nicht auf andere Oertlichkeiten, nicht auf das ganze Peritoneum weder beim Frosche noch beim Kaninchen übertragen werden darf, dass vielmehr die Frage offen zu lassen ist, ob die Besonderheiten nicht in bestimmter Beziehung

zur Bedeutung dieses Abschnittes der Peritoneum steht. Am ähnlichsten sind die Verhältnisse denjenigen, welche die Nerven in der Substanz der Hornhaut darbieten, und da diese neuerdings mehrfache Bearbeitungen erfahren haben, so kann die Beschreibung hier in einzelnen Punkten kürzer gehalten werden.

Auf die Scheidewand treten Nerven über sowohl von der seitlichen Bauchwand als von der Niere her, letztere in Begleitung der Gefässe, welche sich in einer schmalen Zone ausbreiten. Gerade hier findet sich eine beträchtliche Entwickelung der gleich näher zu berücksichtigenden Nervennetze, welche auch noch desshalb zur Untersuchung besonders geeignet sind, weil die elastischen Fasern weniger reichlich vorhanden als in dem freien Theile des Membran, welcher die für sie charakteristischen Löcher besitzt.

Die eintretenden Nervenfasern sind doppelt conturirt, einzeln oder zu zwei bis drei vereinigt in eine besondere Scheide eingebettet. Die Nerven theilen sich mehrfach und gehen schliesslich in eine feine marklose Fasern über, bekannt als solche, die in ihrem scheinbar einfachen Verlaufe durch eingestreute, bauchig hervorragende Kerne unterbrochen werden. Aber auch breite kernhaltige Fasern finden sich, die eine fibrilläre Structur zeigen und sich als Bündel feiner Fasern zu erkennen geben. Es tritt dies besonders an Stellen hervor, wo das ganze Bündel wie aus einander gezogen erscheint: die einzelnen Fasern laufen nicht parallel neben einander, sondern kreuzen sich und winden sich umeinander herum; es verlässt auch wohl eine Faser das Bündel, um sich nach Bildung eines kurzen Bogens wieder mit dem Stämmchen zu vereinigen, also ganz wie in der Cornea, nur dass die ganze Entwicklung der Nervenausbreitung hier keine so beträchtliche.

In Fig. II Taf. IX z. B. zerfällt der bei *a* anscheinend einfache Nerv in mehrere Fasern, welche zum Theil dadurch ausgezeichnet sind, dass sie auf Strecken spindelförmig anschwellen. Nach dem Verhalten gegen Chlorgold muss man eine locale Entwicklung von Nervenmark annehmen, und da diese Fasern auch Kerne besitzen, so kann gesagt werden, dass solche Fasern wie II*a*, welche den Remak'schen gleichen, als Bündel mehrerer selbständiger Fasern anzusehen sind.

Während die feineren Nervenstämmchen bekanntlich eine secundäre abstehende Scheide mit Kernen besitzen, ist dieselbe an den einzelnen Fasern nicht mehr zu erkennen. Dieselben liegen einfach im Bindegewebe, mitunter sehr deutlich in mehr abgegrenzten Bindegewebsbündeln (Fig. V), und wenn diese alsdann mit Essigsäure behandelt werden, so gewinnt es den Anschein, als ob sich von der einfachen Faser doch eine Scheide abgehoben habe (Fig. VI); jedoch zeigen die vorhandenen sogenannten umspinnenden Fasern deutlich, dass das Bild der Fig. VI auf das der Fig. V zurückzuführen ist.

Die einzelnen Fasern sind kernhaltig, und ihre Kerne müssen, da die Fasern selbst eine unmittelbare Fortsetzung der kernführenden markhaltigen, als Analoga der Kerne der Schwann'schen Scheide aufgefasst werden, obgleich es mir nicht gelungen ist, in den feinsten Kernfasern eine besondere Zusammensetzung, einen Unterschied zwischen peripherischer und centraler Schicht wahrzunehmen. Es lässt sich desshalb nicht sagen,

ob der Kern in irgend einer Beziehung zur eigentlich nervösen Faser steht oder nicht. Zu beachten ist, dass anscheinend ganz einfache Fasern nicht immer einfach sind, sondern durch innige Aneinanderlegung mehrerer gebildet werden; es zeigt sich wenigstens häufig, dass die spindelförmigen Anschwellungen zwei Kerne enthalten, und dass auch andere Spuren der Trennung vorhanden sind. Eine besondere Umhüllung lässt sich nicht wahrnehmen, die Fasern liegen aneinander geheftet in einer Gewebsspalte und können sich ungehindert wieder von einander trennen, ebenso wie es im Vorhergehenden bereits von den stärkeren Bündeln angegeben wurde.

Die verschiedenen Fasern nun, welche aus der Theilung der eintretenden Nerven hervorgegangen, hängen vielfach miteinander zusammen und bilden ein Geflecht von meist rhombischen weiteren und engeren Maschen. Hauptsächlich um eine Vorstellung von der Reichhaltigkeit der Nerven in dem besonderen Abschnitte des Froschperitoneum zu gewinnen, betrachte man Fig. I. Taf. IX, welche nach einem Goldpräparate bei 200facher Vergrösserung genau gezeichnet ist. Nur bei *z* liegt eine Faserkreuzung vor, sonst gehen Fasern und Bündeln überall unmittelbar in einander über, so jedoch, dass kein wirkliches Anastomosiren der feinsten Fasern, also keine eigentliche Netzbildung zu Stande kommt. Auch die besondere Form der Schlingenbildung, wie sie in Fig. IV *A* und *B* abgebildet worden, die in das Gebiet der feinsten Fasern gehören, dürften sich dadurch erklären lassen, dass eben die einzelnen Fasern sich wechselsweise aneinander lagern und sich wieder trennen. Eine andere Form der Schlingenbildung zeigt sich Fig. I bei *x*. Denken wir uns hier die Aus- und Eintrittsstelle der Faser nahe an einander gerückt, den auf- und absteigenden Schenkel der vorgebogenen Schlinge eine Strecke weit mit einander vereinigt, so erhalten wir die Formen in Fig. IV. Dieselben sind übrigens selten.

Wo aber verbleiben schliesslich die einzelnen Fasern? Ich war anfänglich geneigt, die vorliegenden Nervengeflechte für terminal zu halten, da ich weder eine Verknüpfung der Nervenfasern mit zelligen Elementen, noch besondere Endorgane aufzufinden im Stande war. Indessen gewann ich nach Vervollkommnung meiner Präparate doch die Ueberzeugung, dass ein freies Auslaufen der Fasern im Gewebe anzunehmen ist, wenngleich es oft schwierig, vollkommene Sicherheit zu erlangen. Häufig genug scheint eine Faser plötzlich aufzuhören, aber fast eben so häufig sieht man sie bei einiger Aufmerksamkeit in gewisser Entfernung wieder auftauchen, sei es, dass eine plötzliche Biegung das weitere Verfolgen erschwert, sei es, dass sich die Faser momentan verbreitet, gleichsam aufbläht und dadurch, an Schärfe der Contur verlierend, zwischen den elastischen Fasern weniger leicht heraus zu finden ist, sei es, dass die Nervenfaser durch das angewendete Mittel stellenweise gar nicht oder nur sehr schwach gefärbt. Eine andere Möglichkeit ist schliesslich noch darin gegeben, dass eine so feine Faser bei der Präparation, bei der unvermeidlichen Dehnung des Häutchens auch einmal zerreissen kann.

Aber alle diese Bedenken und Möglichkeiten reichen nicht aus. Man sieht eben an gelungenen Präparaten mit besten Vergrösserungen,

wie eine feinste Faser sich gewöhnlich bald nach einer Kernanschwellung theilt, man kann dieselben noch eine Strecke weit verfolgen, aber dann hört es auf. Mehr wahrzunehmen gestatteten mir meine Präparate nicht; die im Gewebe sonst noch sichtbaren Fasern und Fasernetze stehen zu den Nerven gewiss in keiner Beziehung; sie verhalten sich gegen Gold und andere Mittel indifferent und erweisen sich durch ihr ganzes Verhalten als elastischer Natur.

Die Anzahl solcher frei endenden Fasern ist nicht gross (in Fig. I mit *y* bezeichnet) und scheint in keinem Verhältniss zu der Zahl der einzelnen Fasern in den Plexus zu stehen. Indessen ist es doch überhaupt unmöglich, sich eine Vorstellung von der Anzahl der Fasern zu machen, da sicher in den verschiedensten Bündeln dieselbe Faser vorkommt und demnach gleichzeitig mehreremal gesehen wird. Es ist gerade charakteristisch für diese Art der Nervenausbreitung, dass eine einzelne Faser über eine sehr grosse Strecke verläuft und mit den verschiedensten Punkten des Gewebes in Berührung tritt, wesshalb ich auch glaube, dass die freie Endigung hier von geringerer physiologischer Bedeutung ist, und dass bezüglich der Function der Nerven die Plexusbildung eine wichtigere Rolle spielt. Ein analoges freies Endigen einzelner Nervenfasern in der Hornhautsubstanz nehmen Kölliker und Engelmann an.

Das, was bisher über die Endigung der Nerven an der bestimmten Stelle angegeben wurde, gilt auch für das Peritoneum im Allgemeinen, gilt auch im Besonderen für Kaninchen und Meerschweinchen. Nur die Vertheilung der Nervenfasern ist bei ihnen eine ganz andere. Von einem zusammengesetzteren Nervenstämmchen, welches in Begleitung der Gefässe verläuft, zweigt sich ein vielleicht nur aus zwei schmalen kernführenden Fasern bestehendes Bündel ab, um über oft grosse Strecken unverändert hinzuziehen. Dann tritt vielleicht eine Faser meist unter einem Winkel von 80—90° ab, lässt sich wieder, ohne Veränderungen zu zeigen, über mehrere Gesichtsfelder verfolgen und vereinigt sich dann wieder mit einer andern, oder sie theilt sich und verliert sich alsdann im Gewebe. Die Nervenausbreitung ist hier eine viel geringere, die Plexusbildung weitmaschiger, die ganze Vertheilung viel einfacher, so dass ein Vergleich mit den früher geschilderten Verhältnissen kaum zulässig erscheinen möchte.

Es bleibt jetzt nur übrig, nochmals besonders hervorzuheben, dass irgend welche Beziehungen des Nerven zu den Pigmentzellen und den Flimmerzellen des Froschperitoneum nicht aufgefunden werden konnten. Bei der Reichhaltigkeit der Nervenfasern treffen dieselben häufig mit Pigmentzellen zusammen, ziehen aber an ihnen vorbei und verbinden sich, soweit es sich bei der Undurchsichtigkeit der Elemente überhaupt bestimmt angeben lässt, mit ihnen weder direct noch durch Zweige. Die unbeständigen Gruppen der Flimmerzellen veranlassen sicher keine Abweichung in der gewöhnlichen Vertheilung der Nerven; ihre An- oder Abwesenheit bedingt keine Verschiedenheit im Reichthum des Nervenplexus.

Die Art der Carminfärbung, deren im Vorhergehenden Erwähnung

geschehen, ist dadurch ausgezeichnet, dass sich mit ihr verhältnissmässig schnell sehr vollkommene Kernimbibitionen erzielen lassen, und dass sie auch bei solchen Präparaten angewendet werden kann, die frisch oder nach vorhergegangener Erhärtung mit Säuren behandelt worden. Eine ammoniakalische Carminlösung ist bekanntlich für solche Fälle nicht sehr empfehlenswerth.

Löst man Carmin in ammoniakhaltigem Wasser, setzt dann Essigsäure hinzu, etwas mehr als zur Erzeugung eines Niederschlages erforderlich und filtrirt, so läuft eine je nach der angewendeten Carminmenge verschieden roth gefärbte, klare Flüssigkeit ab, welche je nach Bedürfniss verdünnt zur Imbibition verwendet werden kann. Steht die Flüssigkeit länger und wird der Gehalt an Essigsäure schwächer, so beginnt das Carmin in äusserster Feinheit auszufallen.

Schon bei mässig starken Lösungen tritt die Färbung schnell und intensiv ein, ist jedoch diffuss. Diesem Uebelstande kann man leicht abhelfen durch Einlegen der Präparate in Glycerin vermischt mit etwas Salzsäure. Nimmt man ein Mischungsverhältniss von etwa 1 Thl. Säure auf 200 Thle. Glycerin, so wird ziemlich bald das Carmin aus dem Bindegewebe, bei weiterer Wirkung auch aus dem Zellprotoplasma ausgezogen und bleibt nicht allein in den Kernen haften, sondern concentrirt sich sogar in ihnen. Auf einer analogen Wirkung der concentrirten Essigsäure und der Oxalsäure beruhen bekanntlich die Methoden der Carminfärbung, welche von Thiersch angegeben wurden*).

Gefärbt wird bei diesem Verfahren alles, was eine grössere Dichtigkeit der Substanz besitzt und dabei quellungsfähig ist. Ist die Dichtigkeit geringer, wie bei manchen frischen Zellsubstanzen, oder wird sie wenigstens durch die Säure nicht vermehrt, wie es ja bei den Kernen durch Fällung der Inhaltsmassen der Fall ist, so kann das Carmin nicht haften, eben so wenig wie in der stark quellenden Bindegewebsgrundsubstanz. Dagegen färben sich wieder die Nervenfasern und die in der Säure etwas aufquellenden elastischen Fasern bei stärkerer Einwirkung sehr deutlich im Ganzen ihrer Substanz. Man wird sich leicht durch den Augenschein überzeugen, dass man auf die angegebene Weise höchst vollkommene Präparate erzielen kann. Netze kernreicher Capillaren, z. B. des Peritoneum, treten ohne Injection sehr schön hervor, und die arterielle Natur der Gefässe feinsten Calibers lässt sich an den Muskelkernen mit Sicherheit erkennen. Zu diesem Zwecke gegügt es, Schnitte von mit rother Masse injicirten Präparaten einfach mit dem angesäuerten Glycerin zu behandeln, um das Carmin zu veranlassen, aus der Injectionsmasse in die Kerne der Gefässwand überzutreten.

Je nachdem man den Säurezusatz grösser oder geringer macht, kommt die beabsichtigte Wirkung früher oder später zu Stande; immer aber kann man das Präparat sofort nach dem Aufbringen des Glycerin mit dem Deckgläschen bedecken und dadurch einer durch die Säure hervorgerufenen Faltung vorbeugen. Für die Conservirung haben derartige Präparate den Nachtheil, dass die Farbe nicht beständig ist, so-

*) C. Thiersch: Der Epithelialkreis. Leipzig 1865.

bald man nicht Sorge trägt, die Salzsäure wieder zu entfernen, weil sie bei längerer Einwirkung das Carmin zerstört. Auf der andern Seite darf man aber auch keine alkalische Zusatzflüssigkeit wählen, weil durch sie die hellrothe Farbe leicht in eine zu dunkel violette übergeführt wird. Will man conserviren, so wäscht man die Präparate nach erzielter Färbung in dünner Essigsäure ab und bringt sie dann in Glycerin oder Alkohol, Terpentinöl u. s. w.

Erklärung der Abbildungen.

I. Nerven der Scheidewand zwischen Bauchhöhle und Cysterna magna lymphatica. Goldpräparat. $^1/_{200}$.
II. Eine andere Stelle desselben Präparates. $^1/_{500}$.
III. Einzelne Nervenfaser ebendaher mit zwei Kernen in der spindelförmigen Anschwellung. Essigsäure. $^1/_{500}$.
IV. Schlingen feinster Nervenfaser von derselben Stelle. *A* Goldpräparat, *B* Carminpräparat. Räumlich verkürzt gezeichnet.
V. Feine kernführende Nervenfaser aus dem Netze des Kaninchens. Silberpräparat. $^1/_{500}$.
VI. Aus dem Mesenterium des Meerschweinchens. Essigsäure. $^1/_{500}$.

V. Physiologie der Sinnesorgane.

1. Die Brechungsquotienten des Glaskörpers und des Humor aqueus.

(Sitzungsberichte der Wiener Academie der Wissenschaften, 14. Jan. 1869.)

Die Brechungsquotienten der Augenmedien sind bis jetzt nur mit Hülfe von Methoden gemessen worden, welche keine grosse Genauigkeit zulassen. Daher die grossen Differenzen, welche zwischen den Resultaten der verschiedenen Autoren, wie Krause, Brewster und Helmholtz, herrschen.

Während meiner Studien im physikalischen Institute des Herrn Prof. Stefan unternahm ich eine erneute Untersuchung der Brechungsverhältnisse der flüssigen Augenmedien mit Hülfe eines ausgezeichneten Winkelmessers.

Die Bestimmung der Brechungsquotienten der Augenmedien für das ganze Spectrum war auch darum von Interesse, weil sie uns gleichzeitig über die Farbenzerstreuung Aufschluss geben konnte.

Da es mir unmöglich war in Wien frische Menschenaugen ausser zweien Paaren (von neugebornen Kindern), zu bekommen, so habe ich mich vorläufig auf die Untersuchung von Ochsen- und Kaninchenaugen beschränken müssen. Und zwar gelang mir wegen trüben Wetters an den Kinderaugen die Messung nur einer Linie. Sämmtliche Augen sind gleich nach ihrer Entfernung aus dem Körper der betreffenden Thiere untersucht worden. Der Glaskörper oder die wässerige Flüssigkeit wurden so vorsichtig und rein als möglich aus dem Auge herausgeholt und in ein Prisma von Steinheil gebracht. In den meisten Fällen filtrirte ich den Glaskörper vor der Untersuchung durch ein einfaches Filter, nachdem ich mich überzeugt hatte, dass das Filtriren des Glaskörpers keine Veränderung seiner Brechungsverhältnisse veranlasst. Der ganze Glaskörper dringt merkwürdiger Weise durch das Filter durch.

Brechungsquotienten des Glaskörpers von Ochsenaugen:

	Mittelwerthe von 12 Augenpaaren.	Maximalwerthe.	Minimalwerthe.
A.	1,33197	1,33278	1,33175
B.	1,33291	1,33306	1,33250
C.	1,33345	1,33377	1,33323
D.	1,33566	1,33601	1,33540
E.	1,33786	1,33830	1,33736
b.	1,33795	1,33858	1,33766
F.	1,33972	1,34038	1,33926
G.	1,34335	1,34387	1,34293
H.	1,34585	1,34600	1,34540
$\overline{\text{H.}}$	1,34656	1,34675	1,34624

Die Maximal- und Minimalwerthe für die verschiedenen Linien sind aus verschiedenen Augen genommen.

Brechungsquotienten des Humor aqueus von Ochsenaugen:

	Mittelwerth von 3 Augenpaaren.
B.	1,33286
C.	1,33370
D.	1,33532
E.	1,33759
F.	1,33950
G.	1,34297
H.	1,34543

Man sieht, dass der Brechungsindex der wässerigen Flüssigkeit kaum von dem des Glaskörpers differirt. In dem einen Fall war der Brechungsindex des Humor aqueus sogar grösser als der des Glaskörpers.

Brechungsquotienten des Glaskörpers von Kaninchenaugen.

	Mittelwerth von 8 Augenpaaren.	Maximalwerthe.	Minimalwerthe.
B.	1,33217	1,33228	1,33205
C.	1,33290	1,33294	1,33283
D.	1,33471	1,33479	1,33468
E.	1,33701	1,33706	1,33697
F.	1,33889	1.33899	1,33883
G.	1,34225	1,34251	1,34185
H.	1,34435	1,34440	1,34430

Für die Maximal- und Minimalwerthe gilt hier dasselbe, was oben bei den Ochsenaugen bemerkt wurde. Die geringen individuellen Unterschiede der Brechungsindices sind bei Kaninchen- noch auffallender als bei Ochsenaugen.

Hier folgen noch die Messungen der Brechungsindices aus den Augen neugeborner Kinder.

In dem einen gelang es mir die Linie F zu bestimmen.

F = 1,34644.

In dem andern die Linien E und F.

E = 1,34020.
F = 1,34626.

Da ich jetzt in der Lage bin frische Menschenaugen untersuchen zu können, so werde ich nächstens den Glaskörper und die wässerige Flüssigkeit derselben auf ihre Brechungscoefficienten prüfen. —

Nachtrag.

(Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften. 1874, No. 50.)

In No. 13 dieser Zeitschrift hat Hirschberg seine nach der Abbeschen Methode vorgenommenen Messungen der Brechungscoefficienten der flüssigen Medien des menschlichen Auges mitgetheilt.

Die von ihm erhaltenen Werthe zeigen eine ebenso erfreuliche als überraschende Uebereinstimmung mit denen von mir mittelst des Gonio-

meters an Ochsenaugen gemessenen*) die Herrn Hirschberg unbekannt zu sein scheinen.

Für die Frauenhofer'sche Linie D fand Hirschberg den Brechungscoefficienten im frisch ausgeschnittenen menschlichen Auge:

Glaskörper

a) 1,33588 } bei 12° C.
b) 1,33558 }
c) 1,3360 bei Zimmertemperatur.

Für dieselbe Linie beim Ochsenauge ergaben meine Messungen:

Mittelwerth aus 24 Augen
1,33566
Minimalwerth
1,33540
Maximalwerth
1,33601
} bei Zimmertemperatur.

Für die wässerige Flüssigkeit erhielt Hirschberg etwas höhere Zahlen als ich (1,33705 und 1,33532); aber ich habe auch noch in der erwähnten Mittheilung über einen Fall berichtet, wo der Brechungsindex für die wässerige Flüssigkeit höher war als für den Glaskörper.

Wenn ich hier auf diese volle Uebereinstimmung zwischen den am Menschen- und am Ochsenauge mit verschiedenen Methoden gewonnenen Resultaten hinweise, so geschieht es aus folgendem Grunde: Meine Messungen bezogen sich auf fast sämmtliche Frauenhofer'sche Linien von a bis H; diese Messungen lassen sich also jetzt auch auf das menschliche Auge übertragen und ergeben direct die Stärke der Farbenzerstreuung im menschlichen Auge.

---

2. Notiz über die physiologische Wirkungsweise des Telephons.

(Vortrag gehalten in der Société de Biologie, 1877.)

Die alten von den Herren Riess und Grey construirten Telephone übermittelten nur zwei Ton-Qualitäten: die Höhe und die Intensität. Der immense Vorzug des Telephons des Herrn Graham Bell besteht darin, dass es, ausser diesen beiden Qualitäten mit überraschender Treue auch noch die Klangfarbe (timbre) des Tons wiedergiebt, d. h. dass es nicht allein den Grundton jedes Schalls, sondern auch seine sämmtlichen Obertöne mit allen Abwechselungen ihrer Intensität wiedergiebt.

Die rein physikalische Wirkungsweise des Bell'schen Telephons ist eine ausserordentlich einfache: eine runde eiserne Scheibe, die von einem aus weichem Eisen bestehenden kleinen Cylinder nur einen Millimeter entfernt befestigt ist, beginnt zu schwingen unter dem Einflusse der Luftwellen. Da dieser Cylinder seinerseits mit einem der Pole eines Magneten verbunden ist, wird er unter dessen Einfluss magnetisirt. Während ihrer Schwingungen verstärkt oder schwächt die Scheibe den Magne-

*) Wiener Sitzungsberichte 1869.

tismus des aus weichem Eisen bestehenden Cylinders und sie inducirt hierdurch eine Reihe elektrischer Ströme in einer kleinen diesen Cylinder umgebenden drahtumsponnenen Rolle. Diese Rolle steht durch zwei Telegraphendrähte mit der Rolle des andern genau ebenso construirten Telephons in Verbindung. Diese Ströme werden also auf eine zweite Rolle übertragen, wo unter ihrem Einflusse der zweite aus weichem Eisen bestehende Cylinder (dessen Magnetismus bei jedem Erscheinen des Stromes zu- und bei jedem Verschwinden desselben abnimmt) die zweite Scheibe indem er sie anzieht und abstösst, in Schwingung versetzt.

Ist aber die physikaliche Wirkungsweise des Telephons eine sehr leicht fassliche, so lässt sich nicht dasselbe von seiner physiologischen Wirkung behaupten; d. h. es ist viel schwieriger sich Rechenschaft davon zu geben, weshalb ein in der Nähe der zweiten Scheibe befindliches Ohr sämmtliche Qualitäten desjenigen Tons vernimmt, welche die erste Scheibe in Vibration versetzt hat. Die Schwierigkeit ist eine um so grössere, als das Telephon bekanntlich sogar das so complicirte von der menschlichen Stimme, beim Articuliren der Worte hervorgebrachte System von Tönen übermittelt.

Bei einem Erklärungsversuche des physiologischen Effectes des Telephons muss man die beiden folgenden Möglichkeiten ins Auge fassen: entweder übertragen die beiden Scheiben des Telephons den Ton mit vollkommenen und vollständig gleichmässigen Genauigkeit, oder aber die Schwingungen der zweiten Scheibe differiren beträchtlich von den Schwingungen der ersten. Im ersten Falle müsste man annehmen, dass es Herrn Bell gelungen wäre, indem er wahre Wunder der Mechanik vollbracht hätte, nicht nur jede Eigenschwingung der beiden Scheiben auszuschliessen, sondern auch ihre Vibrationen vollständig identisch zu gestalten, trotz der Umsetzung der Luftschwingungen in Schwankungen der inducirten Ströme. Die Ton-Perception wäre in diesem Falle sehr einfach: man hätte nur anzunehmen, dass zwischen dem Ohre und den Luftwellen zwei neue Paukenfelle eingeschaltet wären. In diesem Falle würde das Telephon nichts anderes als eine Wiederholung eines Theiles des Gehör-Apparates darstellen, des mit der Membrana ovalis durch ein System von Knöchelchen verbundenen Paukenfells.

Im zweiten Falle, wenn nämlich die zweite Scheibe die Schwingungen der ersten nicht auf das Genaueste reproducirte, hätten wir in der Thatsache, dass wir dennoch sämmtliche Qualitäten des Tones in sehr grosser Entfernung von den ursprünglichen Schwingungen vernehmen, einen unmittelbaren und äusserst eclatanten Beweis für die Befähigung unseres Gehör-Organs, in einem verworrenen Systeme von Luftwellen, dessen constituirende Elemente zu unterscheiden. Bekanntlich hat Prof. Helmholtz zuerst diese Fähigkeit des Ohres angenommen und dieselbe aus der Art und Weise, wie die Nervenendigungen im Corti'schen Organe sich vertheilen, abgeleitet. Das Telephon wäre in diesem letzteren Falle, ein rein physiologischer Apparat, dessen Funktioniren nur durch die Fähigkeiten unseres Gehör-Organs ermöglicht würde.

In einem Artikel über Telephone, den ich vor einigen Monaten*)

*) Wissenschaftliche Unterhaltungen, St. Petersbourg.

— zu einer Zeit als mir Herrn Bell's Apparat noch nicht anders als aus einigen Zeitungsnotizen bekannt war — veröffentlichte, habe ich mich zu der ersten Annahme, als zu der wahrscheinlicheren, bekannt. Das Studium des Apparates selbst und seiner Funktionsweise weist im Gegentheil darauf hin, dass die zweite Annahme die richtige ist, d. h. dass die zweite Scheibe zunächst die Schwingungen der ersten nicht mit Genauigkeit wiedergiebt, und dass wir nur vermöge der oben erwähnten Fähigkeit unseres Ohres dahin gelangen in den Schwingungen der zweiten Scheibe die constituirenden Elemente der Stimme zu unterscheiden.

Nehmen wir z. B. an, ein einfacher Ton werde in der Nähe der ersten Scheibe hervorgebracht, so wird diese Scheibe (deren Eigenschwingungen, dank der Art und Weise ihrer Befestigung und der Nachbarschaft des Magneten, fast Null sind) Vibrationen ausführen, deren Zahl in der Secunde durch die Höhe des betreffenden Tones bestimmt werden wird. Die Sinus-Curve, durch welche die Luftwelle ausgedrückt wird, würde zugleich den Charakter dieser Schwingungen genau angeben; nur die Amplitude der Welle würde verringert werden.

Die Schwingungen der zweiten Scheibe würden nur von den in der ersten Rolle inducirten Strömen abhängen. Die sich aufdrängende Frage reducirt sich also auf die Bestimmung der Beziehungen, welche beim Telephon zwischen den Momenten des Erscheinens und des Verschwindens der Ströme in dieser Rolle und den Schwingungen der ersten Scheibe bestehen; d. h. man hätte nur die Beziehungen zwischen der die inducirten Ströme repräsentirenden Curve und der primitiven Curve der Vibrationen dieser Scheibe zu ermitteln. Wie Prof. du Bois-Reymond nachgewiesen hat, würde die erste dieser Curven hinter der zweiten um ein Viertel der Schwingungs-Dauer zurückbleiben; d. h. jede Schwingung der ersten Scheibe würde durch den elektrischen Strom mit einer Verspätung eines Viertels ihrer Dauer übertragen werden. Die Sinus-Curve der Luftwellen findet ihren Ausdruck in der Formel $x = A. \sin (2\pi nt)$, in welcher x die Ordinate der Curve in einem gegebenen Augenblicke t, A die Amplitude und n die Zahl der Schwingungen in einer Secunde bezeichnet: die Dauer der Schwingung wäre demnach $^1/n$.

Die Vibrationscurve der ersten Scheibe würde von der ersten Curve nur durch die Amplitude sich unterscheiden; sie lässt sich also ausdrücken durch $x_1 = A_1 \sin (2\pi nt)$. Da die Curve der inducirten Ströme unter diesen Umständen, nur von der Schnelligkeit der Scheiben-Vibrationen abhängt, hat man, um sie zu construiren, nur die letzte Formel in Bezug auf die Zeit zu differenziren; man erhält in diesem Falle: $dx_1 = 2\pi nA, \mathrm{Cos} (2\pi nt) dt$ oder $\frac{dx_1}{dt} = 2\pi nA, \mathrm{Cos} (2\pi nt)$.

Diese letztere Formel drückt die Curve der Schnelligkeit der Schwingungen der ersten Scheibe aus. Die Intensität der Ströme in beiden Rollen, sowie die Stärke des Magnetismus im zweiten Telephon werden in einer zu dieser Curve proportionalen Weise wechseln. Die Schwingungen der zweiten Scheibe wären also ausgedrückt durch die letzte Cosinus-Curve, welche, ausser der Amplitude, von der ersten Sinus-Curve auch noch dadurch sich unterscheidet, dass sie eine Verspätung um ein Viertel der Schwingungsdauer angiebt.

Im Ganzen würde die zweite Scheibe die Vibrationen der ersten mit Genauigkeit reproduciren, mit Ausnahme einer Verminderung ihrer Amplitude und der angebenen Verspätung.

Ganz anders verhält sich die Sache, wenn man der ersten Scheibe, anstatt eines einzigen Tones, die Luftwelle mehrerer Töne mittheilt. Es genügt die Construction zweier oder dreier Sinus-Curven, deren Schwingungs-Dauer sich zu einander z. B. wie 1 : 3 : 5 verhalten würden und deren jede man um den vierten Theil ihrer Schwingungsdauer verspäten liesse, um sich davon zu überzeugen, dass die aus diesen Wellen resultirende Curve von der ursprünglichen Curve beträchtlich differiren würde. D. h. die Vibrationen der zweiten Scheibe werden in sehr deutlicher Weise von denen der ersten sich unterscheiden. Die articulirte Sprache enthält bekanntlich eine beträchtliche Anzahl von Tönen verschiedener Höhe; in dem Augenblicke, wo die durch diese Töne erzeugten Wellen die zweite Scheibe erreichen, bieten sie ein sehr verworrenes Durcheinander, und nur vermöge der Fähigkeit unseres Corti'schen Organs, diese Verwirrung aufzulösen und die constituirenden Elemente wiederaufzufinden, ist das Telephon im Stande das gesprochene Wort in die Ferne zu übergeben.

Nachdem ich die Wirkungsweise des Telephons geschildert, will ich mir erlauben einen Versuch anzuführen, welcher die durch die Schwingungen des Telephons erzeugten elektrischen Ströme dem Auge wahrnehmbar macht.

Wenn man die beiden Fäden des Telephons mit dem Nervus ischiadicus eines Frosches verbindet, kann man Muskelcontractionen in seinem Gastrocnemius durch Ansprechen des Telephons hervorbringen. Da einem jeden Vokale verschiedene musikalische Töne entsprechen, üben manche Vokale, wie u und o, eine kräftigere Wirkung auf den Frosch-Schenkel aus als i und e, so z. B. bringt man, indem vor dem Telephon das Wort „Zuckung" ausspricht, die Muskeln zur Contraction, während dieselben regungslos bleiben beim Aussprechen des Wortes „Stille".

---

3. Ueber die Function der halbzirkelförmigen Canäle.

(Pflüger's Archiv, 1873.)

Die Beobachtungen über die Bewegungsstörungen, welche nach Verletzung der halbzirkelförmigen Canäle eintreten — gehören zu den interessantesten, welche von Flourens gemacht worden sind. Leider haben sie bis jetzt einer erschöpfenden Erklärung nicht unterzogen werden können. In der letzten Zeit sind unter anderen zwei schöne Untersuchungen über die Frage veröffentlicht worden, namentlich von Goltz und Löwenberg.

Während Goltz nur einige sinnreiche Modificationen des Flourens'schen Versuches angiebt und dafür um so mehr Scharfsinn auf die Zergliederung der beobachteten Erscheinungen verwendet, hat Löwenberg

eine reiche Anzahl der verschiedenartigsten Versuchsvariationen ausgeführt, in der Absicht, die Erklärung der Thatsachen aus den Ergebnissen der Versuche selbst ableiten zu können.

Goltz sucht sämmtliche Bewegungsstörungen auf Verlorensein des Gleichgewichtsgefühles zurückzuführen. Das Thier soll im normalen Zustand durch gewisse in den halbcirkelförmigen Canälen gegebene Bedingungen immer gewisse Empfindungen erhalten, welche ihm richtige Vorstellungen von der Lage seines Kopfes und folglich auch seines Körpers geben. Diese Empfindungen sollen eben für die Erhaltung des Gleichgewichts nothwendig sein: sobald sie daher wegfallen resp. anormal verändert werden, muss dem Thiere auch die Fähigkeit abhanden kommen, das Gleichgewicht zu erhalten; folglich müssen alle seine Bewegungen incoordinirt, anormal werden.

Löwenberg ist in seiner Abhandlung auf Grund zahlreicher Versuche zu dem Schlusse gelangt, dass sämmtliche Bewegungsstörungen nur Folgen einer reflectorischen Reizung der in den häutigen Bogengängen verlaufenen Nerven sei.

Wie man sieht, besteht zwischen diesen beiden Erklärungsversuchen ein gewaltiger Unterschied; von Vorne herein ist es auch unmöglich ganz entscheidende Gründe entweder für die eine oder für die andere Erklärungsweise zu finden, obgleich,w ie erwähnt, die Löwenberg'sche Erklärung viel mehr thatsächliche und experimentelle Stützen hat.

Ich hielt es deswegen für angezeigt, diese Frage von Neuem einer sorgfältigen experimentellen Untersuchung unterwerfen zu lassen, und veranlasste daher den Herrn Dr. Soucha sich mit derselben zu befassen.

Er hat diese Untersuchung in meinem Laboratorium auf der Medico-chirurgischen Academie auch ausgeführt und will ich hier die Ergebnisse derselben mittheilen. Der Feldzug gegen Chiwa zwang leider den Soucha die nicht ohne Erfolg begonnene Untersuchung abzubrechen.

Wenn die Versuchsreihe daher auch nicht die von mir gewünschte Vollständigkeit erlangt hat, so hat sie doch in soferne einen Abschluss erreicht, dass es schon jetzt erlaubt ist, gewisse Schlussfolgerungen aus ihr zu ziehen. Dies der Grund der vorliegenden Mittheilung.

Die erste Frage, welche meiner Ansicht nach mit Bezug auf die Goltz'sche Theorie entschieden werden musste, war die: in wie ferne eine anormale Kopfhaltung im Stande ist, das Gleichgewichtsgefühl des Thieres zu stören und so Bewegungsanomalien zu veranlassen?

Diese Frage war an grossen Thieren viel leichter zu entscheiden, weil die durch Versuche gesetzten Störungen sich bei ihnen viel leichter einer Zergliederung unterziehen lassen, daher auch einer Erklärung zugänglicher sind.

In dieser Beziehung existirten schon sehr interessante Versuche von Longet, die noch aus den vierziger Jahren datiren, jetzt aber ziemlich der Vergessenheit anheimgefallen sind. Diese Versuche, welche unsere obige Frage direct berühren, bestanden in Folgenden:

Bei Gelegenheit der damals von den Experimentalphysiologen lebhaft debattirten Frage über die Bedeutung der Cerebrospinalflüssigkeit, machten Einige die auffallende Beobachtung, dass ein Ausfliessen dieser Flüssigkeit sofort Anlass zu sehr bedeutenden Bewegungsstörungen giebt,

Die Hunde sind nach dieser Operation nicht mehr im Stande das Gleichgewicht während des Stehens zu erhalten, sie schwanken hin und her wie Betrunkene, stürzen oft hin, indem ihre Beine sich verwickeln etc.

Das Ausfliessen der Cerebrospinalflüssigkeit wurde in der Weise bewerkstelligt, dass die Occipitalbänder blossgelegt und darin durch einen Schnitt eine Oeffnung gemacht wurde.

Longet zeigte damals, dass die eintretenden Bewegungsstörungen Nichts mit dem Abfluss der cerebrospinalen Flüssigkeit zu thun haben, sondern eine Nebenerscheinung sind, welche nur als Folge der bei der Operation durchschnittenen Nacken-Musculatur auftritt. In der That, wenn Longet nur diese Nacken-Muskeln allein durchtrennte, ohne den Wirbelcanal zu eröffnen — so traten dieselben Erscheinungen sofort ein. Im Gegentheil, diese Erscheinungen fehlten vollständig, wenn man die cerebrospinale Flüssigkeit durch einen feinen Stich in die Occipitalbänder ausfliessen liess, ohne irgend welche bedeutende Verletzungen der Nackenmuskeln dabei zu veranlassen.

Die Erklärung, welche Longet seinen Beobachtungen gab, bestand darin, dass die durch Durchschneidung der Nackenmuskeln eintretende ungewohnte Kopfstellung den Verlust des Gleichgewichtsgefühls zur unmittelbaren Folge hat; dieser Verlust ist aber die Ursache der eintretenden Bewegungsstörungen.

Es ist zur Erzielung desselben Erfolges nicht einmal durchaus nothwendig, sämmtliche Nackenwurzeln zu durchschneiden. Die Durchtrennung der Mm. recti posteriores genügt schon vollständig, um den Gang der Thiere unsicher und schwankend zu machen.

Bei Wiederholung dieser Longet'schen Versuche beobachteten wir auch mit Leichtigkeit die von ihm beschriebenen Erscheinungen. Sofort nach Durchschneidung der Mm. recti capitis poster. maj. et minor. zeigt sich bei den meisten Hunden ein Schwanken nach beiden Seiten hin. Wenn man sie zum Gehen zwingt, so spreizen sie die Beine aus, gehen meistens sehr langsam, den Kopf ein wenig nach unten gebeugt. Das Thier stellte die Beine sehr vorsichtig auf den Boden und zwar immer so, dass die Vorderpfoten möglichst von einander entfernt waren.

Beim Laufen, das sehr erschwert war, stürzten die Thiere oft hin und bedurfte es einiger Anstrengungen, bis sie wieder auf die Beine kamen.

Nach 5 bis 6 Tagen hörten die Erscheinungen gewöhnlich auf; der Kopf, welcher früher immer mit dem Kinn an die Brust gedrückt war, wurde wieder in der normalen Stellung gehalten; und gleichzeitig wurden auch die Gangbewegungen ganz normal.

Um noch sicherer zu entscheiden, ob die ungewohnte Kopfhaltung an der Unsicherheit des Ganges allein Schuld war, versuchten wir es nach der Operation den Kopf durch ein ganz besonders construirtes Halsband, welches am Rücken und Sternum seine Stützpunkte hatte, in normale Stellung wieder zu bringen.

Die hierauf bezüglichen Versuche gaben aber nicht den erwünschten Erfog; und zwar einzig und allein, weil es nicht gelingen wollte, ein Halsband zu construiren, das den Kopf ganz fixiren sollte, ohne nicht gleichzeitig das Thier in den Bewegungen des vorderen Körpertheils zu belästigen.

Sollten Versuche letzterer Art wieder aufgenommen werden, so musste das Thier einige Wochen vor der Operation an das Tragen des Halsbandes erst gewöhnt werden.

Wie dem auch sei, die von Longet beobachtete Thatsache sowohl wie die aus derselben gezogenen Schlussfolgerungen wurden ganz genau bestätigt und somit also die Wichtigkeit, welche die normale Kopfhaltung für das Erhalten des Gleichgewichts hat, klar dargethan. Wenn die eintretenden Gleichsgewichts- und Bewegungsstörungen auch nicht so bedeutend waren, wie bei Durchtrennung der halbcirkelförmigen Canäle, so ist aber auch zu berücksichtigen, dass die Veränderung der Kopfhaltung auch bei weitem nicht den Grad erreichte, wie bei dieser letztgenannten Operation.

Eine zweite Versuchsreihe, die demselben Ideengange entsprungen ist, bestand darin, Tauben künstlich ohne irgend welche Verletzung wichtiger Theile, eine Kopfstellung zu geben, welche der bei Zerstörung der Bogengänge am häufigsten eintretenden gleichkommen sollte.

Diese ziemlich verwickelte Kopfhaltung ist dadurch charakterisirt, dass der Schnabel aufwärts gerichtet ist, während das Occiput nach unten, meistens gegen den Boden gestemmt ist. Man kann Thieren leicht diese Kopfhaltung geben, indem man mittelst einiger Nähte durch die Haut den Kopf an die Brustgegend fixirt. Thiere mit so befestigtem Kopfe verhalten sich nun theilweise ganz wie solche, denen sowohl die horizontalen wie die verticalen Bogengänge zerstört sind: sie können das Gleichgewicht nicht halten, indem sie fortwährend beim Stehen auf beiden Beinen hin- und herschwanken und einen dritten Stützpunkt, meistens im Anstemmen des Schwanzes, zu gewinnen suchen. Dies misslingt ihnen aber meistens, sie stürzen dabei um, häufig indem sie um die Querachse des Körpers über den Kopf herunterpurzeln.

Sie machen auch Manegebewegungen, meistens immer in einer und derselben Richtung; mit einem Worte, man beobachtet bei ihnen die ausgesprochendsten Störungen in der ganzen Locomotionssphäre. Sobald die Nähte gelöst sind und der Kopf seine frühere Haltung einnimmt, verschwinden sämmtliche Störungen und die Locomotion wird wieder ganz normal.

Auch diese Versuche zeigen uns also unzweidentig, wie wichtig die normale Stellung des Kopfes ist, damit das Thier im Stande sei, sowohl seine Gleichgewichtslage zu bewahren, als zweckmässige, coordinirte Bewegungen auszuführen.

Es fragt sich nun, in welcher Weise und wodurch ist diese Abhängigkeit des Gleichgewichtsgefühls von einer normalen Kopfstelluug bedingt?

Die Antwort auf diese Frage muss meiner Ansicht nach wenigstens zum grössten Theil in den Veränderungen gesucht werden, welche unsere Vorstellungen über Lage und Entfernungen der äusseren Gegenstände in Bezug auf unseren eigenen Körper erleiden.

Helmholtz beschreibt (Physiologische Optik S. 723 u. flgd.) wie sehr auch beim Menschen durch eine ungewohnte Kopfstellung sowohl die Tiefenwahrnehmung als auch die Schätzung der Entfernung unsicher wird und zu Täuschungen veranlasst. Dass unsere Gehörwahrnehmungen durch eine falsche Kopfstellung auch unsicher werden müssen, ist klar,

wenn man bedenkt, dass wir über die Richtung des Schalles nur durch die relativen Unterschiede in der Stärke der Empfindungen beider Ohren unterrichtet werden.

Bei einer solchen Kopfumstellung, wie sie bei den in Rede stehenden Versuchen einzutreten pflegt, muss aber unser Urtheil über die Quellen des Schalles nicht weniger getäuscht werden, als über Lage und Entfernung der gesehenen Gegenstände.

Dass Täuschungen in den Gesichtswahrnehmungen, wenigstens wenn sie plötzlich eintreten, zu einer Unsicherheit des Ganges und zu Störungen des Gefühles des Gleichgewichts führen können, hat uns folgender Versuch am evidentesten gezeigt. Wenn man einer Taube eine Brille mit prismatischen Gläsern vor die Augen bindet, welche bei ihr einen künstlichen Strabismus hervorrufen, so zeigt das Thier eine Reihe von Bewegungsstörungen, welche mit den leichteren Graden derjenigen unzweideutige Analogien hat, welche nach Durchschneidung der Bogengänge zum Vorschein kommen.

In einigen Fällen von solchem Strabismus sind sogar (und das scheint mir sehr wichtig zu sein) pendelartige Bewegungen des Kopfes beobachtet worden, welche ganz denjenigen entsprechen, die bei der Durchschneidung der beiden horizontalen Bogengänge eintreten. Bei einer Taube mit künstlich erzeugtem Strabismus sind während der ersten Augenblicke auch Manègebewegungen beobachtet worden.

Die Täuschungen in den Gesichts- und Gehörswahrnehmungen scheinen mir aber nicht die einzigen zu sein, welche dabei in Betracht kommen.

Die grosse Anzahl der Coordinationsstörungen, welche bei Leiden des Muskelgefühls beim Menschen auftreten, haben es zur Genüge bewiesen, wie sehr das normale Muskelgefühl für die Ausführung zweckmässiger und coordinirter Bewegungen unumgänglich nothwendig ist. Man hat sich die Theilnahme des Muskelgefühls bei der Coordination von Bewegungen in derselben Weise vorzustellen, wie bei der Contraction der Augenmuskeln. Die dabei entstehenden Empfindungen dienen zum Zustandekommen richtiger Vorstellungen von der Stellung unserer Augenachsen und zu den damit verknüpften unbewussten Schlussfolgerungen über die räumlichen Beziehungen der äusseren Gegenstände.

Die Empfindungen, welche wir bei der Contraction unserer Skeletmuskeln erhalten, führen in ähnlicher Weise zu meistens unbewussten Schlüssen über die Lage unserer Körpertheile und dadurch zur zweckmässigen Innervation der anderen Muskelgruppen.

Wie dem auch sei, alle aufgezählten Versuchsreihen ergaben das unzweideutige Resultat, dass ungewöhnliche Stellungsveränderungen des Kopfes bei Thieren zur Folge haben sowohl das Verlorengehen des Gefühls des Gleichgewichts wie die dadurch entstehenden verschiedenartigen Bewegungsstörungen.

Nachdem diese Thatsache als feststehend angesehen werden konnte, schritten wir zur Untersuchung der Bewegungsstörungen, welche nach Durchtrennung der halbcirkelförmigen Canäle auftreten.

Zu diesen Versuchen wurden sowohl Tauben als Frösche benutzt. Ich werde hier nur kurz die wichtigsten Erscheinungen, welche dabei zu Tage gefördert worden sind, mittheilen. Eine ausführliche Mittheilung

dieser von Dr. Solucha mit der grössten Sorgfalt und in grosser Anzahl ausgeführten Versuche wird von ihm selbst nach Rückkehr aus dem Feldzuge erfolgen.

Will man bei solchen Durchtrennungen reine, unzweideutige Beobachtungen machen, so muss die grösste Sorgfalt auf eine saubere Ausführung der Operation verwendet werden. Hauptsächlich sind Blutungen zu vermeiden; wenn eine solche Blutung einmal eingetreten ist, kann man nie mehr sicher sein, dass nur der gewünschte Canal und in gewünschter Ausdehnung eröffnet worden ist.

Daher ist es zweckmässig, bei der Operation jede Muskelverletzung zu vermeiden. Dies geschieht am besten auf die Weise, dass man den die betreffende Schädelgegend bedeckenden Muskel nicht entfernt, sondern ihn nur an dem äusseren Rande angreifend, ein wenig nach innen abdrängt. Dadurch bekommt man die Kreuzungsstelle des horizontalen mit dem kleinern verticalen Canale frei zu Gesicht. Um zum grossen Verticalcanal zu gelangen, muss freilich dieser Muskel abgetragen werden. Es ist aber überhaupt sicherer, bei diesen Operationen jede Verletzung dieses letzteren Bogenganges zu vermeiden, da seine vordere Wand fast unmittelbar an das Kleinhirn anliegt, man dabei nur selten eine Verletzung dieses Letzteren umgehen kann. Solche Nebenverletzungen waren auch die Ursache, dass Einige als constantes Symptom der Bogengängedurchschneidung das Auftreten von Erbrechen beschrieben hatten. Aber, wie schon Löwenberg richtig bemerkt, sind in Fällen von Erbrechen Kleinhirnverletzungen immer mit im Spiele.

Hat man auf die erwähnte Weise die Kreuzungsstelle der zwei Bogengänge blossgelegt, so entfernt man vorsichtig und allmälig die ganz dünnen Knochenlamellen, welche diese Stelle noch bedecken, und wenn die Canäle ganz freigelegt sind, durchschneidet man sie mit einer scharfen Scheere. Den horizontalen Canal durchschneidet man am besten ausserhalb der Kreuzungsstelle, den kleinen verticalen oberhalb derselben. Bei Durchtrennung des letzteren vermeide man sorgfältig die ihn begleitende kleine Vene mit zu verletzen.

Durchschneidet man auf die beschriebene Weise den einen horizontalen Bogengang, so macht das Thier (sobald es den Kopf frei bekommt) einige seitliche Bewegungen des Kopfes, die aber sogleich aufhören. Die Bewegungen beginnen von derjenigen Seite, welche operirt wurde, so z. B. wenn der linke Bogengang durchtrennt wurde, so macht das Thier zuerst eine Kopfbewegung von links nach rechts, dann zurück u. s. w. Die Bewegungen machen den Eindruck, als wollte das Thier irgend eine unangenehme Empfindung loswerden. Sie sind ganz pendelartig und geschehen bei Durchtrennung des horizontalen Canals in einer horizontalen Ebene um eine verticale Achse. Wie gesagt macht das Thier bei einseitiger Durchschneidung nur einige Bewegungen, die aber sofort aufhören, um nicht mehr wieder zu erscheinen. Es kommen sogar solche Fälle vor, wo diese paar Bewegungen auch ganz ausbleiben.

Sowie man aber auch den entsprechenden Canal der anderen Seite durchschnitten hat, treten die pendelartigen Bewegungen des Kopfes mit viel grösserer Heftigkeit wieder auf; diesmal aber, um sehr lange anzuhalten. Die Heftigkeit der Bewegungen steigert sich von Beginn an,

und wenn sie ihr Maximum erreicht haben, verliert das Thier das Gleichgewicht, fällt um, macht Manègebewegungen u. s. w.

Nimmt man das Thier in die Hand, so genügt es, durch Fixirung des Schnabels die Kopfbewegungen unmöglich zu machen, damit sich das Thier sofort beruhigt und auch ruhig bleibt, so lange man den Kopf unbeweglich hält. Setzt man es nun ganz vorsichtig auf den Tisch, so macht es zuerst einige leichte Bemühungen, um das Gleichgewicht zu behalten, wobei es am häufigsten einen dritten Stützpunkt, durch Aufsetzen des Schwanzes oder eines der Flügel auf den Boden, zu gewinnen strebt. So kann es einige Augenblicke ruhig bleiben, bis der Kopf eine leise Erschütterung erlitten hat. Meistens tritt dieselbe von selbst dadurch ein, dass der Kopf sich allmälig in Folge seiner eigenen Schwere nach vorn senkt. Sodann fangen aber die pendelartigen Bewegungen von Neuem an, und zwar wieder zuerst mit geringer, dann aber mit immer stärker werdender Heftigkeit, und gehen endlich, wenn sie das Maximum der Heftigkeit erlangt haben, in allgemeine Bewegungen des Körpers über.

Hat man aber nach dem vorsichtigen Hinsetzen des Thieres ihm eine, wenn auch noch so leichte, Stütze des Kopfes gegeben, z. B. indem man den Schnabel auf einen Stab oder Finger ruhen lässt, so bleibt das Thier sehr lange ganz ruhig. Ja, in solchem Falle bleibt es oft schon auf den beiden Beinen allein ruhig stehen, ohne einen dritten Stützpunkt zu suchen.

Sobald aber dem Schnabel die Stütze entzogen wird, fängt das Spiel der beschriebenen Erscheinungen in derselben Weise von Neuem an. Dasselbe findet Platz, wenn man das Thier, anstatt allmälig und vorsichtig hinzusetzen, plötzlich auf den Tisch fallen lässt. Dann macht es vergebliche Versuche, das Gleichgewicht zu behalten, spreitzt die Beine, oft auch die Flügel aus, sucht sich auf den Schwanz zu stützen, fällt dabei ein paar Mal um, die pendelartigen Bewegungen des Kopfes stellen sich ein und mit ihnen alle übrigen beschriebenen Erscheinungen. Wenn die Taube sich beruhigt hat, kann sie, vorsichtig auf den Finger aufgesetzt, oft auch einige Zeit darauf sitzen bleiben, nur muss man mit dem eignen Finger etwas balanciren und so dem Thiere bei seinen Versuchen, das Gleichgewicht zu behalten, zu Hülfe kommen.

Das Fliegen ist, wenn überhaupt möglich, so doch sehr erschwert und auf eine ganz kurze Zeit beschränkt; wenn das Thier dabei auf einen Widerstand stösst, fällt es plötzlich zu Boden.

Das Thier ist auch nicht im Stande selbst Nahrung zu sich zu nehmen, und muss künstlich gefüttert werden. Nur in seltenen Fällen lernt es nach 4—6 Tagen sich selbst zu füttern.

Ein solches Bild bietet das Thier die ersten Stunden, und, mit etwas verminderter Heftigkeit, auch 1—2 Tage nach der Operation.

Am dritten bis vierten Tage ist das Bild ganz verändert und zwar treten meistens folgende zwei Fälle ein. In den selteneren Fällen nehmen die Erscheinungen an Heftigkeit ab; die pendelartigen Bewegungen des Kopfes persistiren, werden aber nie zu heftig und gehen nicht mehr in allgemeine krampfhafte Bewegungen des Körpers über. Das Thier fällt nur bei schnellem Laufen um und behält mit wenig Anstrengung das Gleichgewicht, wenn es sich wieder emporrichtet. Der Flug ist

noch ungeschickt, aber doch möglich; das Thier nimmt von selbst Nahrung zu sich und erholt sich allmälig vollständig.

Einige Thiere wurden noch mehrere Wochen nach der Operation beobachtet. Sie konnten meistens nur an den dann und wann auftretenden pendelartigen Bewegungen des Kopfes von nicht operirten Thieren unterschieden werden.

Wie gesagt, einen solchen günstigen Ausgang beobachtet man nur in seltenen Fällen, und zwar in solchen, wo die Durchtrennung der Canäle ganz rein, ohne jede Blutung gelungen war.

In den meisten Fällen aber sieht man am 4. bis 5. Tage das Thier in irgend einem Winkel ruhig liegend mit der für alle ähnliche Operationen an den Bogengängen characteristischen Stellung des Kopfes. Der Kopf ist derart gedreht, dass der Schnabel nach oben gewendet (am häufigsten nach links) und das Hinterhaupt nach unten fest an den Boden gestemmt ist. In dieser Lage bleibt das Thier ganz ruhig. Wird es aber aus der Ruhelage gestört, besonders wenn man es versucht dem Kopfe die normale Haltung zu geben, so fangen heftige pendelartige Bewegungen desselben an, die bald in Manègebewegungen, heftiges Herumschleudern des ganzen Körpers u. s. w. übergehen.

Diese Bewegungen dauern so lange, bis das Thier ganz erschöpft wieder an einen Widerstand stösst und dann seine frühere ruhigere Haltung mit der beschriebenen Kopfhaltung wieder einnimmt.

Die meisten dieser Thiere gehen nach 10 bis 20 Tagen zu Grunde; nur in ganz ausnahmsweisen Fällen erholen sie sich wieder. Bei der Section findet man die benachbarten Schädelknochen mit Blut infiltrirt, das Kleinhirn an der hinteren Fläche erweicht, von gelblichgrüner Farbe. In einigen Fällen war das ganze Kleinhirn in einen Eiterheerd verwandelt.

Das Bild, welches die Thiere nach Durchtrennung der kleineren vertikalen Canäle darbieten, ist in so fern dem bei Verletzung der horizontalen eintretenden ähnlich, dass 1) auch bei ihnen Durchschneidung beiderseitiger Canäle zur Erzielung anhaltender Bewegungen nothwendig ist; 2) auch bei ihnen treten allgemeine Bewegungen erst nach den vorherigen Kopfbewegungen ein: 3) die Erscheinungen am 3. oder 4. Tage nach der Operation verlaufen ganz so wie bei Durchschneidung der horizontalen Bogengänge; nur sind hier die lethal verlaufenden Fälle häufiger als bei den letztgenannten. Die Sectionsbefunde sind identisch.

Der wesentlichste Unterschied der Erfolge der Durchschneidungen dieser beiden Canäle besteht in dem Charakter der Bewegungsstörungen selbst.

Sowohl die Kopf- als die Rumpfbewegungen unterscheiden sich augenfällig von der früher beschriebenen.

Was nun zuerst die Kopfbewegungen anbetrifft, so ist deren Richtung ganz verschieden: während bei der Durchschneidung der horizontalen Bogengänge der Kopf sich in einer horizontalen Ebene von rechts nach links und zurück bewegte, macht das Thier bei Durchschneidung der verticalen Canäle pendelartige Bewegungen des Kopfes von oben nach unten und zurück, also in einer vertikalen Ebene welche zu der früheren senkrecht ist. Die Achse, um welche die Bewegungen bei der erst-

genannten Operation stattfindet, ist der Richtung des kleineren verticalen Bogenganges parallel; diejenige aber, um welche der Kopf bei der Verletzung der verticalen Bogengänge sich bewegt, ist der Richtung des horizontalen Bogenganges parallel.

In einigen Fällen, wenn die Durchtrennung von Blutung begleitet ist, bemerkt man anfangs ein Einknicken des Kopfes nach hinten, so dass das Occiput fast an den Nacken angestemmt wird; nach einiger Zeit fangen aber meistens die beschriebenen pendelartigen Bewegungen um eine horizontale Achse in der gewöhnlichen Weise an.

Diese pendelartigen Bewegungen sind anfangs auch schwach, werden aber allmälig heftiger, so dass sie schon nach 6 bis 8 Bewegungen ihr Maximum erreichen, dann treten aber auch allgemeine Bewegungen des ganzen Körpers ein und zwar bestehen dieselben am häufigsten darin, dass der ganze Rumpf um seine quere Achse herumpurzelt und zwar meistens von vorne nach hinten.

Diese Bewegungen sind so heftig, dass man den Eindruck erhält, als werde der ganze Körper nach hinten um den Schwanz herübergeschleudert, in Folge des Schwunges, welchen es bei der heftigen Bewegung des Kopfes nach hinten erhalten hat.

In einigen Fällen wird der Körper auch nach vorne um den Kopf herum herübergeschleudert.

Der Flug ist auch bei so operirten Thieren, wenn überhaupt möglich, so doch immer nur während einer kurzen Zeit und dabei ist er auch sehr ungeschickt. Die so operirten Thiere bleiben ruhig, wenn man ihrem Kopfe eine Stütze verleiht, obgleich auch sie einige Schwierigkeit zeigen das Gleichgewicht zu erhalten, und sich gerne dabei noch auf ihren Schwanz oder Flügel stützen.

Die Fütterung muss, wenigstens während der ersten Tage, künstlich ausgeführt werden.

Nach 3 bis 4 Tagen bieten solche Thiere ganz dasselbe Bild dar, wie Thiere mit durchtrennten horizontalen Bogengängen. Natürlich haben aber die Bewegungen, welche in dieser Periode bei ihnen durch die Störung ihrer ruhigen Lage (mit der oben beschriebenen Kopfhaltung) eintreten, ganz den oben beschriebenen Charakter.

Wie schon oben bemerkt, haben wir auf Versuche mit Durchtrennung der grossen Verticalcanäle verzichten müssen, weil bei dieser Operation relativ heftige Blutungen und Mitverletzungen des Kleinhirns nur schwer zu vermeiden sind.

Werden sämmtliche vier Canäle durchtrennt, so treten beim Thiere sofort heftige Bewegungen des Kopfes ein, welche alsbald von allgemeinen Zwangsbewegungen des ganzen Körpers begleitet werden.

Die Kopfbewegungen unterscheiden sich von allen, die ich bis jetzt beschrieben habe. Sie finden hauptsächlich in der Richtung von vorne und rechts nach hinten und links und zurück, oder auch umgekehrt, statt; die Bewegungen möchte ich als schraubenförmige bezeichnen, da die Thiere dabei den Eindruck machen, als wollten sie ihren Schnabel in den Fussboden hinein bohren. Die Bewegungen des Rumpfes sind ein Gemisch von heftigen krampfhaften Manegebewegungen mit Herüberschleudern des ganzen Körpers, entweder um den Schwanz oder um den Kopf herum.

Das Gefühl des Gleichgewichts ist vollständig eingebüsst worden; bei jedem Versuche, zu irgend einer Bewegung, kehren sofort sämmtliche eben beschriebene Bewegungen zurück. Fütterung künstlich.

Drei oder vier Tage nach der Operation liegen die Thiere ruhig, den Kopf in der mehrfach erwähnten Stellung, mit dem Hinterhaupt unter der Brust, fest am Boden angestemmt und dem Schnabel nach oben gerichtet. Bei jedem Versuch zu willkürlichen und passiven Bewegungen erscheinen die heftigsten und unregelmässigsten krampfhaften Bewegungen, die ganz an diejenigen erinnern, welche man bei Verletzungen des Kleinhirns beobachtet.

Nach vier bis acht Tagen gehen sämmtliche so operirten Tauben zu Grunde. Die Section ergiebt ausgedehnte Vereiterungen des Kleinhirns.

Ehe ich zur Discussion der beschriebenen Erscheinungen übergehe, will ich noch kurz einige andere Versuchsreihen erwähnen, welche auch an Tauben angestellt wurden.

Um zu sehen, welchen Einfluss die Bewegungen des Kopfes auf das erschütterte Gleichgewichtsgefühl hat, wurde der Versuch gemacht, den Kopf mittelst eines Halsbandes zu fixiren.

Es konnte bei der Construction desselben leider nicht erreicht werden, dass es seinen Zweck erfülle, ohne dem Thiere gleichzeitig eine gewisse Unbehaglichkeit zu verursachen.

Doch genügte es, den Kopf durch ein solches aus Carton verfertigtes Halsband zu fixiren, damit das Thier auf unebenem oder weichem Boden sein Gleichgewicht bei drei Stützpunkten des Körpers zu bewahren vermag. Auf glattem Boden wollte es ihnen nicht gelingen, sie stürzten hin und geriethen in heftige Zwangsbewegungen. (Alle ähnlichen Versuche sind an Thieren mit durchtrennten vier Canälen angestellt worden.)

Um diese Bewegungen auch dann herbeizuführen, wenn sie auf weicher Unterlage standen, genügte es, durch vorsichtige Abnahme des Halsbandes, dem Kopfe seine Stütze zu entziehen.

Einige Versuche sind auch in derselben Weise wie die von Löwenberg ausgeführt worden, und zwar mit Entfernung der Hemisphären nach vorheriger Durchtrennung der 4 Bogengänge. Das Ergebniss bestätigte die von ihm erhaltenen Resultate: Solche Thiere bleiben ruhig sitzen, sobald keine äussere Ursache sie aus der Ruhe stört; sobald man aber irgend eine passive Bewegung mit ihnen vorzunehmen versucht, gerathen sie in dieselben Bewegungen sowohl des Kopfes wie des Rumpfes, welche sie vor der Entfernung des Grosshirnlappen gezeigt haben.

Die Bewegungen sind nur etwas schwächer und hören auch nach viel kürzerer Dauer auf, um der früheren Ruhe Platz zu machen.

Wird dieselbe Operation an solchen Tauben ausgeführt, denen nur ein paar Canäle verletzt wurden, so haben sowohl die Kopf- als die Rumpfbewegungen den, der Zerstörung dieses Paares zuhommenden, Charakter.

Alle die beschriebenen Erscheinungen lassen schon jetzt etwas näher auf den Grund und die Ursachen dieser Bewegungsstörungen eingehen.

Um die Discussion der beobachteten Bewegungsstörungen uns so viel als möglich zu erleichtern, wollen wir sie in drei Gruppen eintheilen. Die

erste Gruppe, welche wir als Gleichgewichtsstörungen bezeichnen wollen, soll folgende Erscheinungen zusammenfassen: Das Ausspreitzen der Beine, das Aufsuchen eines dritten Stützpunktes, die Unmöglichkeit, auf glattem Boden auch bei drei Stützpunkten das Gleichgewicht zu bewahren etc.

Zur zweiten Gruppe gehören alle Zwangsbewegungen des Thieres, welche sofort nach der Operation oder die ersten Tage nach derselben erscheinen, also pendelartige und schraubenförmige Bewegungen des Kopfes, Manègebewegungen, das Rollen des Körpers und Herüberstürzen um die Querachse desselben etc.

Endlich zur dritten Gruppe sollen die consecutiven Stellungen des Thieres gezählt werden, welche 3 bis 4 Tage nach der Operation erscheinen: Anstemmen des Hinterkopfes am Boden, die unregelmässigen Bewegungen, welche das Thier macht, wenn es aus seiner zusammengekauerten Stellung herausgebracht wird etc.

Dass die Gleichgewichtsstörungen als unmittelbare Folge der Durchschneidung der Bogengänge zu betrachten sind, geht mit Gewissheit aus Folgendem hervor:

1) Diese Störungen treten sofort nach dieser Operation ein, und zwar auch dann, wenn dieselbe von keinem anderen Eingriff als Muskeldurchschneidung, Blutung, Mitverletzung des Kleinhirns u. s. w. begleitet ist.

2) Die Art der zur zweiten Gruppe gehörenden Bewegungen, sowohl des Kopfes als des Rumpfes, lässt keinen Zweifel mehr übrig, dass die Bogengänge mit gewissen räumlichen Vorstellungen und Empfindungen in Beziehung stehen.

Dieser zweite Punkt bedarf einer genaueren Besprechung.

Die anatomische Lage der Bogengänge, welche den drei Dimensionen des Raumes entspricht, hat schon längst die Aufmerksamkeit der Physiologen auf sich gezogen, und sie veranlasst, diese Lage als für die Orientirung des Körpers im Raume vielleicht nicht ohne Bedeutung anzusehen.

Die genaue Zergliederung der Kopf- und Rumpfbewegungen nach Zerstörung der einzelnen Bogengänge geben geradezu zwingende Beweise für eine ähnliche Funktion der Bogengänge.

In der That sahen wir, dass sowohl der Kopf wie der Rumpf bei Zerstörung der beiden horizontalen Bogengänge Bewegungen um eine verticale (der Richtung der erhaltenen verticalen Canäle parallelen) Achse ausführen, pendelartige Bewegungen von rechts nach links und Manegebewegungen des Körpers. Bei Zerstörung der verticalen Bogengänge geschehen diese Bewegungen um eine horizontale (der Richtung des erhaltenen horizontalen Canals parallelen) Achse: pendelartige Bewegungen des Kopfes von oben nach unten und umgekehrt, und das Herüberwerfen des Körpers um den Schwanz oder den Kopf.

Endlich nach Durchtrennung der horizontalen und verticalen Bogengänge erscheinen die unregelmässigen Kopf- und Rumpfbewegungen, welche ich oben beschrieben habe; die Kopfbewegungen geschehen hier in einer Richtung, welche der des grossen Verticalcanals ziemlich genau entspricht.

Eine viel schwierigere Aufgabe ist es, das Wesen dieser Beziehungen zwischen den Gleichgewichtsempfindungen und der Integrität der Bogengänge erklären zu wollen.

Man mag sich vorläufig damit begnügen, wenigstens annähernd in die hier herrschenden Verhältnisse einzudringen.

Durch Vermittelung der in den häutigen Bogengängen endenden Nervenfasern werden uns fortwährend eine Reihe unbewusster Empfindungen mitgetheilt, welche direct zu unbewussten Schlüssen über die Stellung des Kopfes im Raume führen. Also ähnlich dem, wie wir uns über die Lage der Gegenstände im Gesichtsfelde orientiren, durch eine Reihe unbewusster Muskelempfindungen, welche uns über verschiedene Convergenzgrade unserer Sehachsen unterrichten.

Sobald diese Empfindungen durch Verletzung eines der Bogengänge anormal werden, werden auch die Vorstellungen des Thieres über die Haltung des Kopfes gestört; ein Paar Kopfbewegungen, welche es zum Zwecke vornimmt, um sich über die Stellung des Kopfes zu orientiren, genügen ihm aber, Dank dem erhaltenen entsprechenden Bogengang der anderen Seite, um das momentan gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen. Werden aber zwei gleichnamige Bogengänge zerstört, so kann diese Herstellung nicht sogleich vor sich gehen; das Thier bedarf einiger Tage, um wieder ein richtiges Urtheil über seine Kopfstellung zu erlangen. (Ich spreche von denjenigen günstigen Fällen, wo die Thiere nach 4 bis 8 Tagen sich ganz erholen.)

Es ist ganz überflüssig die Annahme zu machen, dass die Bogengänge direct auch bei Unterhaltung des Gleichgewichts des Rumpfes betheiligt sind. Die in erster Linie mitgetheilten Versuchsreihen haben ja unzweifelhaft gezeigt, dass es genügt, das Thier über die Stellung des Kopfes in Verwirrung zu setzen, damit es nicht mehr im Stande sei, das Gleichgewicht des Rumpfes zu bewahren. Ganz dasselbe wird auch durch diejenigen Versuche dargethan, wo man durch Unterstützung des Kopfes sämmtliche durch Durchtrennung der Bogengänge erzeugten Gleichgewichtsstörungen zum Verschwinden bringen kann.

Die Bogengänge tragen also nur indirect zur Unterhaltung des Gleichgewichtes unseres Körpers bei, indem sie uns über die Stellungen des Kopfes im Raume unterrichten.

Gehen wir nun zu der zweiten Gruppe, zu den oben als Zwangsbewegungen bezeichneten, über.

Es genügt diese Bewegungen ein Paar Mal genau beobachtet zu haben, um zur Ueberzeugung zu gelangen, dass diese Bewegungen nicht nur Gleichgewichtsstörungen sind, sondern dass sie einen entschieden krampfhaften Charakter haben. — Die heftigen schleudernden Bewegungen des Kopfes, das krampfhafte Herüberstürzen des Körpers um den Kopf oder den Schwanz können natürlich nicht allein aus der Unmöglichkeit, das Gleichgewicht zu behalten, hervorgehen. Es werden also durch die Operation der Bogengänge die Bedingungen zur Erzeugung eines Reizes gegeben, welche die heftigsten krampfhaften Bewegungen erzeugen kann.

Die genaue Beobachtung des Ganges und der Reihenfolge, in wel-

cher sich alle Bewegungen beim Thiere abwickeln, giebt am besten Aufschluss sowohl über die Quelle des Reizes, wie über die Art seiner Wirkungsweise.

Gleich nach der Durchtrennung des zweiten Bogenganges fängt das Thier die beschriebenen pendelartigen Bewegungen des Kopfes an, die anfangs schwächer, bei fortgesetzter Dauer immer heftiger und heftiger werden. Setzt man das Thier, während es diese Bewegungen noch macht, frei auf den Tisch hin, so fällt das Thier zuerst ein Paar Mal hin, sodann beginnen die Zwangsbewegungen, die auch an Heftigkeit immer zunehmen, bis das Thier erschöpft in irgend einer Ecke hinsinkt. Unterbricht man aber die heftigen Bewegungen, indem man dem Thiere den Kopf in normaler Stellung fixirt, so hören fast sofort sämmtliche Rumpfbewegungen auf. Lässt man dann den Kopf allmälig von seiner Stütze los, so sucht das Thier einen Augenblick noch das Gleichgewicht zu bewahren, stürzt dabei hin, die Kopfbewegungen beginnen von Neuem, zuerst schwach, dann an Heftigkeit zunehmend und erst wenn sie dass Maximum der Heftigkeit erreicht haben, beginnen auch die allgemeinen Zwangsbewegungen des Rumpfes.

Nie treten die Rumpfbewegungen ein, ohne dass ihnen nicht zuerst heftige Kopfbewegungen vorausgegangen sind. Mit andern Worten, diese Ursachen, welche zu den krampfhaften Bewegungen des Körpers führen, werden erst durch die heftigen Kopfbewegungen selbst erzeugt.

Ehe wir zur Analyse dieser Ursachen übergehen, suchen wir nun zuerst diejenigen Bedingungen auf, welche diese Kopfbewegungen selbst veranlassen.

Das unmittelbare Auftreten dieser letzteren sofort nach der Durchschneidung des Canals deutet darauf hin, dass durch diese Operation ein Reiz gesetzt worden ist, der den Kopf in Bewegung setzt. Welcher Natur kann aber dieser Reiz sein?

Am einfachsten wäre es anzunehmen, dass entweder die Durchtrennung des Canals selbst oder das Eindringen von Luft, Flüssigkeit in den Gang, direct mechanisch die Nervenendigungen reizt und so zu reflectorischen Krämpfen Veranlassung giebt. Gegen eine solche Deutung spricht aber der Umstand, dass die Bewegungen nur momentan, vorübergehend sind, oder auch gar nicht auftreten, wenn die Bogengänge nur auf der einen Seite durchschnitten sind. Diese Thatsache ist mit jeder Annahme von durch mechanische Reizung verursachten Reflexen unvereinbar. Es bleibt meiner Ansicht nach nur noch die eine Möglichkeit übrig, dass durch die Durchtrennung der häutigen Canäle beim Thiere eine Reihe anomaler Gehörsempfindungen erzeugt werden, welche bei beiderseitig ausgeführter Operation so heftig sind, dass sie zu einem wahren Gehörsschwindel Veranlassung geben. Dieser Gehörsschwindel veranlasst auch die heftigen Kopfbewegungen. Der Umstand, dass eine Durchtrennung sämmtlicher Bogengänge auf der einen Seite keine solche Bewegungen veranlasst, während die Durchtrennung zweier Canäle auf beiden Kopfseiten dies thut, deutet darauf hin, dass das Erhaltensein der entsprechenden Canäle auf der einen Seite genügt, um den Effect dieses Gehörsschwindels zu zerstören. Eine einfache Ueberlegung zeigt aber, dass, wenn dem so ist, auch diejenigen Empfin-

dungen, welche bei Intactheit der Bogengänge dazu dienen, das Thier über die Stellungen seines Kopfes zu unterrichten, auch höchst wahrscheinlich Gehörsempfindungen sein müssen.

Dass in gewisser rhythmischer Unterbrechung stattfindende Erregungen unseres Gehörorgans uns zu rhythmischen Bewegungen zu veranlassen vermögen, dies zeigt die alltägliche Erfahrung.

Auch Kinder, die nie Tanzen gelernt haben, werden beim Aufspielen eines Walzers Bewegungen ausführen, welche dem Tempo desselben entsprechen. Es ist uns oft geradezu unmöglich vor dem Orchester vorbeizugehen, das z. B. einen Marsch spielt, ohne das unsere Beine unwillkürlich dem Rhythmus desselben zu folgen suchen. Werden unsere Gehörsnerven gleichzeitig durch zwei Musikstücke erregt, welche beide ein ausgesprochenes aber verschiedenes Tempo haben (z. B. wenn zwei Musikchöre zwei verschiedene Märsche spielen), so wird unser Gang schwankend, unregelmässig, und haben wir die grösste Schwierigkeit dabei gerade zu gehen.

Die unwillkürlichen Kopf- und Körperbewegungen, welche nicht nur der ausführende Musiker, sondern oft auch die aufmerksamen Zuhörer machen, gehören auch zu derselben Reihe von Erscheinungen.

Es ist also leicht erklärlich, dass, wenn im Ohre des Thieres selbst eine Reihe heftiger und unregelmässiger Geräusche entsteht, sie einen Gehörsschwindel erzeugen können, welcher die unwillkührlichen Bewegungen des Kopfes erzeugen wird. (Fälle von solchem Gehörsschwindel mit Zwangsbewegungen sind übrigens den Otiatren geläufig genug.)

Diese Bewegungen selbst müssen aber ihrerseits die Reizung der Gehörsnerven noch verstärken, daher nehmen auch die Bewegungen selbst immer mehr an Heftigkeit zu. Hat in Folge dessen der Gehörsschwindel einen hohen Grad erreicht, dann treten auch heftige Zwangsbewegungen des Rumpfes auf.

Es darf uns nicht Wunder nehmen, dass alle diese Bewegungen einen gewissen ausgeprägten Typus haben, der durch die Lage der durchschnittenen Canäle bestimmt wird, denn wir haben ja gesehen, dass durch diese Lage eben der Character der Gleichgewichtsstörungen bedingt ist. Die Zwangsbewegungen, welche das Thier ausführt, werden also verschieden sein, je nachdem das Thier diese oder jene falsche Vorstellung über die Stellungen seines Kopfes haben wird.

Was nun die letzte Gruppe von Erscheinungen anbetrifft — diejenigen, die ich oben als consecutive bezeichnet habe — so sind diese Erscheinungen unzweifelhafte Folgen der einige Tage nach der Operation eintretenden Entzündung und Vereiterung des Kleinhirns. Dies wird sowohl durch die Kopfhaltung selbst bewiesen (Anstemmen des Hinterhauptes auf den Boden etc.), welches dem, einige Tage nach der Kleinhirnverletzung auftretenden, analog ist, als auch durch die bei der Section immer leicht zu constatirende Vereiterung des Kleinhirns.

Die Hauptergebnisse dieser Untersuchung lassen sich also folgendermassen zusammenfassen:

1. Für die Erhaltung des Gleichgewichts ist es durchaus nothwendig, dass das Thier richtige Vorstellung über die Stellung seines Kopfes besitzt.

2. Die Bogengänge haben zur Function durch eine Reihe unbewusster (Gehörs-?) Empfindungen das Thier von der Stellung seines Kopfes im Raume zu unterrichten, und zwar hat jeder Bogengang eine genau bestimmte Beziehung zu einer Dimension des Raumes.

3. Die Bewegungsstörungen, welche nach Durchtrennung der Bogengänge auftreten, sind dreifacher Art: a) Gleichgewichtsstörungen als directe Folge der vorgenommenen Verletzung, b) Zwangsbewegungen, als Folge der dabei durch abnorme Gehörssensationen entstehenden Reizungen, und c) consecutive Erscheinungen, hervorgerufen durch die einige Tage nach der Operation sich einstellende Entzündung des Kleinhirns.

Ich will am Schlusse noch einige interessante, ausgeführte Durchschneidungen der Bogengänge bei Fröschen beschreiben.

Diese Versuche haben zwar keine neuen Gesichtspunkte für das Verständniss der dabei ablaufenden Vorgänge geliefert, sie sind aber insofern nicht ganz ohne Interesse, weil sie die Gültigkeit der oben abgeleiteten Sätze auch für diese Thiere feststellen.

Die Operation wurde von Dr. Solucha fast auf dieselbe Weise wie von Dr. Bloch (bei Böttcher in Dorpat) ausgeführt.

Durchschneidung der Canäle auf der einen Seite erzeugt keinen Effect. Bei Durchtrennung der beiden horizontalen Canäle tritt meistens, ebenso wie bei Durchschneidungen der übrigen Canäle, eine Verzerrung des Kopfes nach der einen Seite hin, ein, wobei die eine Kopfhälfte auch etwas nach vorne gewendet ist. Der Frosch macht selten Sprünge, die aber fast eben so energisch wie vor der Operation sind. Nach jedem Sprung fällt aber das Thier nach der einen Seite hin, so dass es nicht gerade vor sich hinspringt, sondern unter einem gewissen Winkel nach rechts oder links; in Folge dessen beschreibt das Thier nach mehreren Sprüngen einen fast regelmässigen Kreis. Nach jedem Sprung nimmt das Thier nicht sofort seine frühere Stellung ein, sondern wälzt sich zuerst 2—3 Mal um seine Längsachse.

Sehr characteristisch ist das Schwimmen des Thieres; bei einer Schwimmbewegung senkt es z. B. die rechte Körperhälfte nach unten, während die linke sich nach oben hebt, bei der folgenden umgekehrt, die rechte nach oben und die linke nach unten, so dass das Thier beim Schwimmen fortwährend schwankende Bewegungen des Körpers um die Längsachse des Körpers macht. In seltneren Fällen tritt auch Manègeschwimmen ein.

Bei der Durchschneidung der beiden kleineren Verticalcanäle (was nie ohne Blutung geschieht) sind die Bewegungsstörungen bedeutender. Die Sprünge geschehen meistens gerade in die Höhe, so dass das Thier gewöhnlich auf dieselbe Stelle zurückfällt; jeder Sprung ist dabei viel kräftiger als gewöhnlich und hat etwas Krampfhaftes an sich; bei den meisten Sprüngen in die Höhe macht der Frosch eine Drehung um die Querachse des Körpers, wobei er meistens die Drehung nicht vollendet, sondern entweder auf den Rücken oder auf den Kopf fällt: Manègeschwimmen.

Bei Durchtrennung der grossen Verticalcanäle sind die Sprünge noch heftiger und auch von Umdrehungen des Körpers um seine Querachse

begleitet; auch diese Sprünge geschehen fast vollständig vertical in die Höhe. Der Frosch fällt meistens auf den Rücken, richtet sich nur mit Schwierigkeit empor, und wälzt sich mehrmals um die Längsachse des Körpers. Das Schwimmen erschwert geschieht oft in demselben Kreise. Sehr auffallend ist bei solchen Thieren die Neigung im Wasser die verticale Stellung des Körpers nicht nur während der Ruhe, sondern oft auch während des Schwimmens einzunehmen. Das Schwimmen geschieht dabei oft in der Weise, dass das Thier dabei Drehungen um seine Längsachse ausführt; die Bewegungen, welche das Thier dabei macht, ähneln ganz den gewöhnlichen Walzerbewegungen.

Noch verwickelter werden die Bewegungen, wenn man mehrere Canäle gleichzeitig durchschneidet.

Trouville, August 1873.

---

4. Physiologische Beziehungen zwischen dem Gehörnerv und dem oculomotorischen Apparate.

(Compt. rendus, de l'Acad. d. Scienc. .1876.)

In den letzten Jahren ist die Aufmerksamkeit der Physiologen von Neuem auf Flourens' schöne, die Bogengänge betreffende Untersuchungen gelenkt worden; indessen, weder die zahlreichen Experimente, noch die durch dieselben veranlasste gründliche Erörterung der in Rede stehenden Phänomene haben hingereicht, um die Natur der Functionen dieser Organe aufzuklären. Seit mehren Jahren mit der Erforschung dieses Gegenstandes beschäftigt, habe ich in jüngster Zeit, vermöge neuer Untersuchungsmethoden, eine Reihe neuer Thatsachen entdeckt, die mir geeignet scheinen die herrschenden Ansichten über die Rolle der halbcirkelförmigen Canäle wesentlich zu modificiren. Ich beschränke mich hier darauf ein einfaches Résumé der Hauptfacta zu geben, und behalte mir vor, an anderer Stelle die Beschreibung der angewandten Verfahrungsweisen*) sowie die nähere Erörterung dieser Facta zu publiciren.

1. Die Störungen im motorischen Apparate, welche durch die an den Bogengängen ausgeführten Operationen verursacht werden, geben sich bei den Thieren verschiedener Gattungen nicht in gleichförmiger Weise zu erekennen; bei Fröschen beschränken sich diese Störungen fast ausschliesslich auf die Rumpfmuskeln; bei Tauben sind vorzugsweise die Kopfmuskeln afficirt, bei Kaninchen vor allem die Muskeln des Augapfels.

2. Die in letzter Zeit von Prof. Goltz und mir vertretene und von der Mehrzahl der Physiologen getheilte Ansicht, dass der nach der Durchschneidung der Bogengänge eintretende Gleichgewichtsverlust durch die unrichtigen Vorstellungen veranlasst sei, welche das operirte Thier über

*) Einige derselben sind bereits beschrieben in meiner Methodik der physiologischen Experimente etc. Petersburg u. Giessen 1876. S. 541 u. d. flgd.

die von seinem Kopfe im Raume eingenommene Stellung sich bildet, muss aufgegeben werden: selbst bei Tauben kann man die allerauffallendsten Coordinationsstörungen in den Rumpfbewegungen beobachten, während der Kopf seine normale Stellung beibehält; dieses findet meistens dann statt, wenn mehrere Canäle einer und derselben Seite verletzt worden sind.

3. Die nach diesen Verletzungen beobachteten Bewegungen des Augapfels sind nicht durch die Verstellung des Kopfes hervorgerufene, compensatorische Bewegungen: sie sind vielmehr die unmittelbare und directe Folge der Verletzungen der Canäle.

4. Jeder Bogengang übt in specieller Weise seinen Einfluss auf die Augapfelbewegungen aus. Durch Erregung des horizontalen Canals beim Kaninchen bewirkt man eine derartige Rotation des gleichseitigen Augapfels, dass die Pupille nach hinten und unten gerichtet ist; die des hinteren senkrechten Canales bewirkt eine Deviation des Auges mit nach vorn und ein wenig nach oben gerichteter Pupille; die des vorderen senkrechten Canales mit nach hinten und unten gerichteter.

5. Die Reizung des einen Canals bewirkt immer Bewegungen beider Augen; aber die Bewegungen des Augapfels der dem verletzten Canale entgegensetzten Seite finden in entgegensetzter Richtung statt. Die Pupille contrahirt sich auf der Seite, auf welcher die Erregung stattfindet; die Pupille des anderen Auges bleibt erweitert.

6. Im Momente der Reizung hat die Contraction der den Augapfel bewegenden Muskeln einen tetanischen Character: die Augen bleiben gewaltsam nach den angegebenen Richtungen abgelenkt; unmittelbar darauf fangen sie an pendelnde Bewegungen in entgegengesetzter Richtung auszuführen. Die Frequenz dieser Pendelbewegungen variirt zwischen 20 und 150 in der Minute. Ihre Dauer hängt von der Stärke der Reizung ab, beträgt aber selten mehr als eine halbe Stunde.

7. Diese Pendelbewegungen verschwinden, wenn man den Nervus acusticus der entgegengesetzten Seite durchschneidet. Neue Erregungen eines halbcirkelförmigen Canales erzeugen nur noch tonische Krämpfe.

8. Die Reizung eines Nervus acusticus erzeugt heftige Rotationen der beiden Augäpfel. Die Durchschneidung eines Nervus acusticus bewirkt eine starke derartige Ablenkung des Augapfels der gleichnamigen Seite, dass die Pupille nach unten gerichtet ist, während das andere Auge nach aufwärts blickt. Diese Ablenkung verschwindet nach der Durchschneidung des zweiten Nervus acusticus. Diesem Verschwinden gehen heftige Rotationen voraus, welche durch die immer von starker Erregung begleitete Durchschneidung hervorgebracht werden.

9. Die Bewegungen des Kopfes und des Rumpfes, welche man bei Tauben nach der Durchschneidung der Bogengänge beobachtet, sind in Flourens' klassischen Abhandlungen in sehr treffender Weise beschrieben. In einer früheren Arbeit*) habe ich die Flourens'schen Angaben in allen Punkten bestätigt und ausserdem auch Beobachtungen, die an Fröschen angestellt wurden, hinzugefügt. Bei Kaninchen bewirkt die

*) Pflüger's Archiv, December 1873. Siehe oben.

Reizung eines Nervus acusticus heftige Drehungen um die Längenachse des Körpers in der Richtung nach der operirten Seite. Die durch ein Zerquetschen der beiden Acustici bewirkte Reizung derselben ruft sehr unregelmässige Bewegungen hervor: das Thier hat die Neigung sich zu wälzen, bald nach der einen Seite, bald nach der anderen; aus diesen beiden einander entgegengesetzten Neigungen resultirt für das Thier die vollständige Unfähigkeit sich zu bewegen oder sich aufrecht zu erhalten. Tauben, bei welchen man die sechs häutigen Canäle nebst deren Ampullen exstirpirt, bieten, sogleich nach der Operation, dieselben Erscheinungen dar.

10. Ist die intracranielle Durchschneidung beider Acustici gut gelungen, ohne von einem Blutergusse oder anderen ungünstigen Zufällen begleitet zu sein, so bleiben die operirten Thiere am Leben, und die weiter oben beschriebenen Erscheinungen verlieren sich allmälig. Nach Verlauf von sechs bis zehn Tagen hält das Thier sich aufrecht, es kann sich von der Stelle rühren, umhergehen u. s. w. aber es behält einen gewissen Mangel an Sicherheit in den Bewegungen, in Folge dessen es nur dann seinen Standort verlässt, wenn man es dazu nöthigt. Es sucht immer eine Mauer oder eine Ecke auf, wo es einen Stützpunkt finden könne. Bei diesem Ortswechsel wählt jedes Thier immer ein und dieselbe Richtung: das eine bewegt sich vorzugsweise rückwärts, das andere seitwärts u. s. w.

11. Versetzt man ein Kaninchen, dessen beide Acustici durchschnitten sind, auf einer excentrischen Drehscheibe in rotatorische Bewegungen, so beobachtet man an ihm dieselben Phänomene, welche von Purkinje angegeben worden sind, und welche vor Kurzem den Gegenstand höchst interessanter von Prof. Mach ausgeführter Untersuchungen gebildet haben. Dieses beweist auf das Allerbestimmteste, dass diese Phänomene nicht von den Verschiebungen der Endolymphe, auf welche Prof. Mach sie zurückzuführen sich bestrebte, abhängen.

Die Purkinje'schen Phänomene müssen den cerebralen Störungen zugeschrieben werden, welche aus den schweren Circulationsanomalien resultiren, die unter den angegebenen Bedingungen, zumal in den von der Rotationsaxe am meisten entfernten intracraniellen Gefässen eintreten.

Die Beobachtungen, die man an Derwischen, sowie an den amerikanischen Shakers und an gewissen russischen religiösen Secten gemacht, welche diese Bewegungen mit grosser Lebhaftigkeit während mehrerer Stunden und selbst ganzer Tage auszuführen pflegen, beweisen, dass diese Störungen der Hirncirculation zu Hallucinationen, zu vollständigem Verluste des Bewusstseins u. s. w. führen können.

Die aus den besprochenen Thatsachen sich ergebenden sehr innigen physiologischen Beziehungen zwischen den Gehörnerven und dem oculomotorischen Apparate müssen nothwendigerweise eine hohe physiologische Bedeutung haben, auf welche ich in dem ausführlichen Berichte über meine Untersuchungen zurückkommen werde.

Angesichts der anatomischen Beziehungen der Hörnerven zum Kleinhirn erscheint es sehr wahrscheinlich, dass ein grosser Theil der nach den Verletzungen dieses letzteren Organs beobachteten Locomotionsstörungen lediglich durch die dasselbe durchsetzenden Acusticusfasern verursacht wird.

5. Die peripherischen Organe des Raumsinnes*).

(Comptes rendus, 31. December 1877.)

In der Sitzung vom 10. April 1876 habe ich die Ehre gehabt, der Akademie ein Memoire über die physiologischen Beziehungen zwischen dem Gehörnerv und dem oculomotorischen Apparate vorzulegen. In diesem Memoire habe ich eine Reihe neuer Thatsachen besprochen, aus welchen sich die innigen Beziehungen ergeben, in denen die Bogengänge zu den Innervations-Centren der Augenmuskeln stehen. Heute bin ich in der Lage, die Erklärung der physiologischen Bedeutung dieser Beziehungen zu geben. Diese Erklärung enthält zu gleicher Zeit die Lösung des durch die schönen Untersuchungen von Flourens über die Functionen der Bogengänge aufgestellten Problems, und sie beweist uns die Existenz eines neuen Sinnesorganes von hoher physiologischer Wichtigkeit. Meine Untersuchungen haben zu folgenden Schlussfolgerungen geführt:

1. Die halbzirkelförmigen Canäle sind die peripherischen Organe des Raumsinnes, d. h. die Sensationen, welche durch die Erregung der in den Ampullen dieser Canäle enthaltenen Nervenendigungen hervorgerufen werden, dienen dazu, unsere Vorstellungen von den drei Raum-Dimensionen zu bilden. Die Sensationen eines jeden Canals entsprechen einer dieser Dimensionen.

2. Mit Hülfe dieser Sensationen bildet sich in unserem Gehirn die Vorstellung eines idealen Raumes, auf den alle anderen, die Vertheilung der uns umgebenden Gegenstände sowie die Stellung unseres eigenen Körpers betreffenden Perceptionen unserer übrigen Sinne, bezogen werden.

3. Die Existenz eines speciellen Organes für den Raumsinn vereinfacht in hohem Grade die zwischen den Vertretern der zwei Theorien des binoculären Sehens — von Helmholtz, als Vertreter der empiristischen Theorie, und E. Hering, als Vertreter der nativistischen Theorie — schwebende Streitfrage; jetzt ist eine neutrale Basis geschaffen, auf welcher diese beiden Anschauungsweisen sich miteinander werden in Einklang bringen lassen.

4. Die physiologische Erregung der dem Organe des Raumsinnes eigenthümlichen peripherischen Endigungen geschieht wahrscheinlich auf mechanischem Wege mit Hülfe der in den Ampullen befindlichen Otolithen; diese Otolithen wurden in Vibration versetzt durch eine jede active oder passive Kopfbewegung, und vielleicht auch durch die Luftwellen, deren Bewegung durch Vermittelung des Trommelfelles der das Bogengängesystem erfüllenden Flüssigkeit mitgetheilt wird.

5. Somit enthält das achte Hirnnervenpaar zwei völlig von einander verschiedene Sinnesnerven: den Hörnerv und den Raumnerv (nerf de l'espace).

6. Das Centralorgan des Raumsinnes regulirt die Vertheilung und das Maass der den Muskeln bei sämmtlichen Bewegungen der Augäpfel, des Kopfes und des übrigen Körpers zu ertheilenden Innervationsstärke.

*) Die letzte Mittheilung, welche Claude Bernard vor seinem Tode der Akademie vorgelesen hat.

7. Die nach den Verletzungen der Bogengänge sich kundgebenden Störungen müssen zugeschrieben werden:

a) einem Gesichtsschwindel, welcher durch den Mangel an Uebereinstimmung zwischen dem gesehenen und dem (unter 3 erwähnten) idealen Raume hervorgebracht wird;

b) den daraus resultirenden unrichtigen Vorstellungen von der Stellung unseres Körpers im Raume;

c) den Anomalieen in der Vertheilung der Innervationsstärke an die Muskeln.

Die Begründung dieser Schlussfolgerungen folgt nebst den entsprechenden Belegen sehr bald in einer Abhandlung, mit deren Vorbereitung zum Drucke ich gegenwärtig beschäftigt bin*).

---

6. Experimentelle Untersuchungen über die Functionen der halbzirkelförmigen Canäle und über die ihnen bei der Bildung des Raum-Begriffs zukommende Rolle.

(Bibliothéque de l'école des hautes études. Section des Sciences naturelles. TXVIII. Paris 1878. Auch als Thése pour le doctorat en médecine der Pariser Falkultät besonders im Jahre 1878 erschienen.)

Capitel I.

Frühere Untersuchungen und Theorien.

§ 1. Arbeiten von Flourens.

Man kann es als ein in der Geschichte der Wissenschaften gewiss selten wiederkehrendes Ereigniss betrachten, wenn eine grosse Entdeckung geraume Zeit hindurch ein vollständiges Räthsel bleibt, bis eines Tages ganz plötzlich ihre Bedeutung in hellem Lichte dasteht und nunmehr in ihrer ganzen Tragweite von der gelehrten Welt gewürdigt werden kann. Dieses ist der Fall gewesen mit den Entdeckungen, welche Flourens im Jahre 1828 bezüglich der Funktionen der halbcirkelförmigen Kanäle machte, Funktionen, die bis auf den heutigen Tag einer der dunkelsten Punkte der Physiologie geblieben sind.

Vom Gesichtspunkte der Geschichte der Wissenschaft bietet dieser Fall ein um so höheres Interesse dar, als Flourens' Beobachtungen an Präcisionen der Ausführung über viele von denjenigen, welche neuerdings zur Erläuterung der Funktionen dieser Organe beigetragen haben, sehr bedeutend hervorragen.

Begreiflich wird solches erst bei der Erwägung, dass eine Entdeckung ihre Früchte nur dann zu tragen vermag, wenn gleichzeitig mit ihr, oder

*) Die auf diese Frage bezüglichen, seit der Mittheilung meines letzten Mémoire's von mir angestellten, Experimente wurden theils in dem im Muséum d'Histoire naturelle befindlichen Laboratorium von Claude Bernard, theils in meinem Privatlaboratorium ausgeführt.

doch seit ihrer Veröffentlichung Arbeiten erschienen, welche ihr Verständniss anzubahnen geeignet waren. Die Wissenschaft muss in der Entwickelung hinreichend vorgeschritten, gewisse Vorfrage müssen erledigt sein, bevor wir über selbst längst bekannte Phänomene völlig in's Klare gelangen können.

Flourens' erste Mittheilung über die Bogengänge ist in einem am 11. August 1828 der Academie der Wissenschaften vorgelesenen Mémoire enthalten. Die Schilderung, die er von seinen Beobachtungen entwirft, ist eine so klare und so präcise, dass sie den Thatsachen, wie wir sie gegenwärtig kennen, vollkommen entspricht. Da sein klassisches Werk sich in den Händen aller Physiologen befindet, beschränken wir uns darauf die von ihm aus seinen Exprimenten gezogenen Schlussfolgerungen anzuführen. (Recherches experimentales etc. Paris, 1842 p. 495):

„Somit ist also die Ursache der eigenthümlichen Wirkungen der halbzirkelförmigen Kanäle aufgefunden: einerseits erzeugt die Durchschneidung eines jeden Kanales eine Bewegung, deren Richtung stets eine und dieselbe, wie die des durchschnittenen Kanales ist".

„Andererseits ist die Richtung der vermittelst Durchschneidung der Fasern des kleinen und des grossen Gehirns erzeugten Bewegungen stets genau dieselbe wie bei den durchschnittenen Fasern".

„Und schliesslich: Die Nerven-Netze des Canalnerven entspringen von diesen Fasern des Hirns, die, ihrer Anordnung nach, abwechselnd entweder transversale oder longitudinale, vordere oder hintere sind, und deren Wirkungen einander ebenso entgegengesetzt sind wie die Richtungen".

„Und pag. 501: In den halbzirkelförmigen Kanälen und in den, ihrem Verlaufe nach, einander entgegengesetzten Fasern des Hirns haben die die Bewegungen hemmenden Kräfte ihren Sitz".

Wir haben nicht zu untersuchen, ob die so eben erwähnte Erklärung in dem Augenblicke, wo sie veröffentlicht wurde, eine genügende war, aber wir wollen ihr die Thatsache entnehmen, dass Flourens die halbzirkelförmigen Kanäle als peripherische Organe betrachtete, welche in die Coordination der Bewegungen direct eingreifen, indem sie dieselben reguliren oder einfach sie im Zaume halten.

§ 2. Purkinje's Beobachtungen über den Schwindel.

Fast zu derselben Zeit, als Flourens seine Untersuchungen bekannt machte, liess ein anderer bedeutender Physiologe, Purkinje, eine Reihe von Beobachtungen über den Schwindel erscheinen, welche, obwohl sie einem verschiedenen Gedankengange entsprungen waren, nichtsdestoweniger viele Berührungspunkte mit den eben besprochenen, die Bogengänge betreffenden Experimenten darbieten.

Auf diese Beziehungen hat erst ganz kürzlich Herr Mach aufmerksam gemacht. Obgleich dieser letztere Beobachter deren Bedeutung sehr beträchtlich überschätzt, wenn er die Ansicht ausspricht, sie könnten zur Grundlage einer Erklärung der von Flourens beobachteten Phänomene gemacht worden, müssen wir nichtsdestoweniger der Schlussfolgerungen Purkinje's über den Ursprung des Schwindels hier Erwähnung zu thun. Wir werden weiter unten sehen, dass diese Schlüsse der Mehrzahl nach sehr genau zutreffende sind, und als solche werden dieselben sich uns

von grossem Nutzen erweisen bei der Erörterung derjenigen Phänomene, welche den Hauptgegenstand unserer Abhandlung bilden.

Die von Purkinje der Discussion unterworfenen Experimente gehören einer Klasse von Beobachtungen an, mit welchen alle die Diejenigen sich vertraut gemacht haben, welche sich selbst zu beobachten gewohnt sind. Wenige Worte werden also genügen, das Charakteristische derselben hervorzuheben.

Wenn wir mit einer gewissen Schnelligkeit uns mehrere Male um selbst drehen, (d. h. wenn wir, bei aufrechter Stellung um die Längsachse unseres Körpers rotiren), erscheinen alle uns umgebenden Gegenstände als in einer Rotation begriffen, deren Richtung derjenigen der von uns selbst ausgeführten Bewegung entgegengesetzt ist.

Diese scheinbare Bewegung dauert in derselben Richtung noch einige Zeit fort, nachdem wir zum Stillstehen gekommen sind. Während dieses scheinbaren Rotirens alles uns Umgebenden nehmen die von uns betasteten Gegenstände an der Bewegung Theil.

Es lässt sich für die Empfindungen, die wir dabei haben, kein bezeichnenderer Ausdruck finden, als wenn wir sagen, dass der unseren Augen sichtbare Raum innerhalb eines anderen Raumes zu rotiren scheine. Diese in der Wissenschaft unter dem Namen des Gesichts- und Tastschwindels bekannte Empfindung ist eine um so länger anhaltende, je längere Zeit unser Körper in Rotation verharrt hatte.

Sie bewirkt ein Gefühl von Unbehagen und Ungewissheit über die von unserem Körper eingenommene Stellung, welches uns nöthigt die letztere zu wechseln und Stützpunkte zu suchen.

Purkinje sowohl als Darwin (der Aeltere) haben festgestellt, dass die Axe dieser imaginären Rotation des uns umgebenden Raumes bestimmt wird durch die Axe der thatsächlich von unserem Kopfe ausgeführten Rotationen. Aendern wir, nachdem die drehende Bewegung des Körpers unterbrochen worden ist, die Stellung des Kopfes, so beobachten wir, dass die Richtung der Axe der imaginären Bewegung unverändert dieselbe bleibt, d. h. dass, welche Stellung wir unserem Kopfe auch geben, jene Axe immer durch dieselbe geht.

Folgendes ist der*) Wortlaut der von Purkinje gegebenen Erklärung dieses Phänomens: „Während der Rotation des Körpers um seine Längsaxe muss dem Gehirn, vermöge seiner weichen Beschaffenheit, die Tendenz innewohnen, hinter der Schädelkapsel ein wenig zurückzubleiben. Es handelt sich um dieselben Erscheinungen, welche wir an einer Flüssigkeit wahrnehmen, deren Gefäss in rotirende Bewegung versetzt wird.

Die Flüssigkeitstheile behalten ihre Lage bei, bis ihre Adhäsion an die Wandungen des Gefässes sie in die Bewegungen dieses letzteren mit fortreisst. Die Cohäsion des Gehirns ist eine allzu beträchtliche, als dass genau dasselbe Phänomen sich hier wiederholen könnte; da indessen seine Substanz eine weiche ist und in Folge dessen, bis zu einem gewissen Grade, eine in seinem Innern vor sich gehende Verschiebung der Theile zulässt, muss es nothwendigerweise gewisse Eigenschaften mit den Flüssigkeiten gemein haben; man ist also genöthigt einzuräumen,

*) Ungefähre, aus dem Französischen ins Deutsche zurückübersetzte.

dass, im Falle einer mehr oder weniger intensiven Bewegung, die Theile des Gehirns sich verschieben und spannen müssen, ohne dass es jedoch hierbei zu einer wirklichen Trennung ihrer Continuität kommen könnte. Derartige Zerrungen müssen dieselben Störungen herbeiführen, wie wirkliche mechanische Verletzungen und nur dem Grade nach von ihnen sich unterscheiden.

Nach den bekannt gewordenen Resultaten von an Thieren angestellten Versuchen möchte ich diese Störungen vor allem einer Störung des Kleinhirns und der Hirnschenkel zuschreiben; die Betäubung müsste den grossen Hemisphären zugeschrieben werden."

An einer anderen Stelle seiner beachtenswerthen Arbeit kommt Purkinje auf diese Erklärung zurück und fügt derselben neue Einzelnheiten hinzu. Der Schwindel würde erzeugt durch eine Veränderung derjenigen Empfindungen, welche die Gehirntheile im normalen Zustande ihres gegenseitigen Contactes percipiren, indem dieser Contact während der durch die Rotation des Körpers bedingten Verschiebung dieser Theile sich ändert, müssen diese Empfindungen nothwendigerweise andere werden.

„Bei gewöhnlicher Körperhaltung und während der gewöhnlichen Bewegungen unseres Körpers wird der Einfluss der Schwere in jedem Theile empfunden, und diese Empfindung dient dazu, die Bewegungen zu reguliren und das Gleichgewicht des Körpers zu sichern. Wenn also in irgend einem Theile unseres Körpers, zumal in deren edelstem, dem Kopfe, welchem alle Instincte*) des übrigen Körpers zu Gute kommen, die Schwere ihre Richtung ändert, verwirren sich die in sämmtlichen Körpertheilen percipirten Empfindungen, es treten unbewusste Bewegungen ein, welche dazu dienen, die normale Richtung des Kopfes wiederherzustellen und seiner scheinbaren Bewegung Einhalt zu thun."

Es ist gleichfalls die durch den Kopfschwindel erzeugte scheinbare Bewegung, welche den Tastschwindel hervorruft.

Nach Purkinje sind es also die von den Muskeln unseres Körpers und unserer Augäpfel — zum Zwecke der Fixirung und behufs eines Entgegenwirkens gegen die scheinbare Rotation — ausgeführten unbewussten Bewegungen, welche die Empfindungen des Schwindels hervorrufen.

In der That, da wir uns ein Urtheil über Bewegung der Gegenstände je nach dem Ortswechsel ihrer Bilder auf unserer Netzhaut und je nach der zum Zwecke ihr Fixirung von uns ausgeführten Contractionen der Augenmuskeln bilden, ist es klar, dass im Schwindelanfalle die Gegenstände uns in Bewegung begriffen erscheinen werden.

Nach Purkinje also ist der Schwindel in dem psychischen Akte begründet, vermöge welchen wir die durch die Bewegungen unserer Augen gewonnenen Eindrücke einer Bewegung der uns umgebenden Gegenstände zuschreiben.

Die Erklärung der von Flourens während seiner Operationen an den Bogengängen beobachteten Erscheinungen, sowie der von Purkinje beschriebenen Phänomene des Schwindels, bildet den Hauptgegenstand unserer gegenwärtigen Abhandlung.

---

*) Heutzutage würde man sagen: „unbewusste Empfindungen".

§ 3. Die von den Herren Vulpian, Brown-Séquard und Schiff an den Bogengängen angestellten Experimente.

Wir müssen hier in aller Kürze über die Untersuchungen und Erklärungsversuche berichten, welche auf die Arbeiten von Flourens gefolgt sind.

Die durch Verletzungen der Bogengänge erzeugten Bewegungsstörungen sind von zahlreichen Schriftstellern bestätigt worden. Wenn aber hinsichtlich der Thatsachen an sich fast alle Autoren mit Flourens übereinstimmten, so sind doch deren Erklärungsversuche sehr verschieden ausgefallen. So z. B. erklärt Vulpian die Ursache dieser Störungen in einem Gehörs-Schwindel, welcher im ganzen Organismus seinen Widerhall findet („un vertige auditif, qui retentit sur tout l'organisme"). In der Brown-Séquard'schen Beobachtung, dass die Verletzungen der Gehörnerven ebensolche Störungen erzeugen, glaubt Herr Vulpian eine Stütze für diese Auffassung zu finden.

Auch Herr Brown-Séquard ist geneigt, diese Phänomene durch einen Gehörsschwindel zu erklären, obgleich er nicht zugiebt, dass die halbzirkelförmigen Canäle an der Erzeugung der ordnungslosen Bewegungen direct betheiligt wären.

Herr Schiff seinerseits bestreitet die Richtigkeit der Beobachtung Brown-Séquard's, der zu Folge, nach Verletzungen des Gehör-Nerven jene Bewegungsstörungen sich einstellen sollten. Die Deutung der von Flourens entdeckten Phänomene hat besonders häufig gewechselt, seitdem die Beobachter sich nicht mehr mit einfacher Wiederholung der Experimente dieses Physiologen begnügten, sondern dieselben nach den verschiedensten Richtungen hin zu modificiren begannen.

§ 4. Experimente des Dr. Löwenberg.

Die Reihe der an den Bogengängen, mit tief eingreifenden Modificationen des operativen Verfahrens, unternommenen Experimente wurde 1869 durch eine Arbeit des Dr. Löwenberg eröffnet.

Seitdem haben eine grosse Anzahl von Seiten verschiedener Physiologen ausgeführter Untersuchungen die Erforschung der Functionen dieser Canäle wieder auf die Tagesordnung der Wissenschaft gesetzt.

Herr Löwenberg hat sehr zahlreiche Experimente angestellt, vorzugsweise am horizontalen Bogengange und am hinteren senkrechten; ohne sich auf einfache Verletzungen dieser Canäle zu beschränken, versuchte er es dieselben bald auf mechanischem Wege, bald durch chemische Agentien zu reizen. In anderen Versuchsreihen veranstaltete Herr Löwenberg gleichzeitig mit den Verletzungen der Canäle auch Verletzungen verschiedener Hirntheile; er wiederholte diese selben Experimente während der Narcose, etc.

Die wichtigsten Ergebnisse seiner Arbeit sind folgende:

1. Die durch die Verletzung der Canäle erzeugten Locomotionsstörungen sind durch Erregung und nicht durch Lähmung bedingt.

2. Die Erregung der Canäle erzeugt die convulsiven Bewegungen auf reflectorischem Wege, ohne jegliche Betheiligung des Bewusstseins.

3. Die Uebertragung dieser reflectorischen Reizung geschieht in den Sehhügeln.

§ 5. Untersuchungen des Herrn Goltz.

Die Untersuchungen des Herrn Goltz erschienen kurz vor der Veröffentlichung der Arbeit des Herrn Löwenberg. In experimenteller Hinsicht weniger mannigfaltig, haben die Untersuchungen des Herrn Goltz das gute Glück gehabt, die Aufmerksamkeit der Beobachter in höherem Maasse zu fesseln, Dank den kühneren Schlussfolgerungen und einer geschickteren und erschöpfenderen Discussion der Experimente. Herr Goltz war zu einer eingehenderen Beschäftigung mit den Flourens'schen Phänomenen durch Versuche veranlasst worden, die er an Fröschen behufs Erforschung der zur Aufrechterhaltung ihres Gleichgewichts erforderlichen Bedingungen angestellt hatte.

Seine diesen letzten Punkt betreffenden Untersuchungen haben ihn davon überzeugt, dass drei Factoren erforderlich sind, um den Thieren die Möglichkeit zu geben, ihr Gleichgewicht zu bewahren:

1. Das centrale Coordinationsorgan; 2. gewisse centripetale Nervenfasern mit ihren peripherischen Endigungen, und 3. die motorischen Nerven mit ihren Endorganen.

Die Verletzung eines dieser drei Systeme genügt, um die combinirten Bewegungen zu stören und die Aufrechterhaltung des Gleichgewichts unmöglich zu machen.

Offenbar konnten die Flourens'schen Phänomene aus diesen Untersuchungsergebnissen sich nicht erklären lassen, da die Bogengänge aller Wahrscheinlichkeit nach als zu keinem dieser drei Factoren gehörig betrachtet werden durften. Herr Goltz glaubte hierin einen Widerspruch zu erblicken, welcher vor allem eine Wiederholung dieser Experimente nöthig machte.

Wir müssen indessen bemerken, dass es Herrn Goltz nur in sehr unvollkommener Weise gelungen ist, die Flourens'schen Versuche zu wiederholen. Seine Operationsmethode bestand einfach in der mittels eines Trepans bewirkten Zerstörung desjenigen Theiles des Hinterhauptbeins, welcher die Canäle bedeckt, sowie der beiden horizontalen und hinteren verticalen Canäle.

Diese Operation war immer von beträchtlichem Blutverluste begleitet. Nur wenige unter den operirten Tauben überlebten die Operation.

Ich hebe das Mangelhafte dieser Operationsmethode hervor, weil hieraus die Einwände erklärlich werden, die in der Folge von Seiten Herrn Böttcher's gegen die an den halbzirkelförmigen Canälen ausgeführten Experimente erhoben worden sind. Nach der Ansicht dieses Gelehrten wären sämmtliche von Herrn Goltz und Anderen nach Verletzung dieser Canäle beobachtete Locomotionsstörungen lediglich bedingt durch indirecte Verletzungen oder durch Reizungen des kleinen Gehirns und der benachbarten Theile.

Die Schlussfolgerungen des Herrn Goltz beruhen übrigens zum Theil auf den schon von Flourens und anderen Experimentatoren angestellten Versuchen. Die wichtigste unter diesen Schlussfolgerungen stimmt mit derjenigen von Flourens überein. Auch Herr Goltz räumt ein, dass

diese Canäle zur Aufrechterhaltung des Körpergleichgewichts nothwendig sind. Im Grunde enthält diese Schlussfolgerung Nichts als die einfache Bestätigung der Thatsache selbst, dass Tauben nach Durchschneidung der halbzirkelförmigen Canäle das Gleichgewicht verlieren.

Aber Herr Goltz hat über die Art und Weise, wie diese Canäle an der Wahrung des Körpergleichgewichts sich betheiligen können, noch genauere Angaben gemacht. Seiner Ansicht nach beeinflussen sie dieses Gleichgewicht nur indirect, indem ihre unmittelbare Function einzig und allein in der Erhaltung des Gleichgewichts des Kopfes besteht.

Diese letztere Function erfüllen sie in folgender Weise: Die in den Canälen befindliche Endolymphe würde einen stärkeren Druck auf die Wandungen der Ampullen ausüben, wenn bei Bewegungen des Kopfes die Ampullen eine tiefere Lage einnehmen. Dieser Druck würde die Nerven der Ampullen erregen und die durch diese Erregung hervorgerufenen Empfindungen würden dazu dienen, den Kopf zu äquilibriren.

Die uncoordinirten Körperbewegungen, welche an Tauben nach Verletzungen dieser Canäle wahrgenommen werden, müssten, dieser Hypothese zu Folge, als secundäre angesehen werden, d. h. als solche, die indirect, durch den Verlust der Fähigkeit, den Kopf zu äquilibriren, hervorgerufen worden sind.

§ 6. Unsere erste Untersuchung über die halbzirkelförmigen Canäle.

Unsere erste, die halbzirkelförmigen Canäle betreffende Mittheilung datirt aus dem Jahre 1873; sie beruhte auf Versuchen, welche ich während des Winters 1872, in Gemeinschaft mit einem meiner Schüler, dem Dr. Soluchа, ausgeführt hatte.

Aber schon lange vor dieser Mittheilung hatten meine Studien mir Gelegenheit gegeben, mich mit der Frage vom Gleichgewichte unseres Körpers und von der Coordination unserer Bewegungen zu beschäftigen. Schon 1864, in meiner Monographie über den Veitstanz und über seine Beziehungen zu Herzkrankheiten*), habe ich, gelegentlich der Besprechung dieser Krankheit, welche das allercharacteristischste pathologische Product des Verlustes der Coordinationsfähigkeit ist, über die bei Physiologen und Aerzten vorzugsweise in Ansehen stehenden Theorien der Coordination mich aussprechen müssen. Allein erst als ich 1865 und 1866 die Herausgabe meiner Arbeit über Bewegungsataxie (Tabes dorsalis) vorbereitete, habe ich physiologische Versuche über die an die Coordination der Bewegungen sich anknüpfenden Fragen anstellen können**).

Wir werden noch Gelegenheit haben, auf meine diesen Gegenstand betreffenden Ansichten zurückzukommen; hier beschränke ich mich darauf zu erwähnen; dass meine physiologischen Arbeiten sowie meine klinischen Erfahrungen mich zu der Ueberzeugung gebracht haben, dass es im Nervensystem kein specielles Organ giebt, welches dazu bestimmt wäre, sämmtliche Bewegungen unseres Körpers zu coordiniren.

*) De Choreae Indole, sede etc. Dissert. inaug. Berlin 1864. Wiener Medic. Jahrbücher. 1865.

**) Die Lehre von der Tabes dorsalis. Berlin 1867 und Virchow's Archiv, 1867.

Bevor ich zum Experimentiren an den halbzirkelförmigen Canälen schritt, hielt ich es für zweckmässig, festzustellen, welchen Einfluss eine anomale Kopfstellung auf die Regelmässigkeit der Bewegungen ausüben könne.

Da die uncoordinirten Kopfbewegungen das dominirende Symptom einer Verletzung der Canäle bilden, war es in der That durchaus nothwendig, zu entscheiden, ob der Verlust des Körpergleichgewichts nicht lediglich eine indirecte Folge dieser Bewegungen wäre. Diese Nothwendigkeit schien mir um so mehr angezeigt, als bereits Longet's Versuche über die nach Durchschneidung einiger Halsmuskeln eintretenden Bewegungsstörungen sehr laut zu Gunsten einer Beeinflussung unseres Körpergleichgewichts durch die Stellung des Kopfes sprachen.

Es war also eine Wiederholung der Versuche meines verewigten Freundes, mit der ich die Reihe meiner Experimente einleitete. Ich beschränkte mich auf die Durchschneidung einiger Nackenmuskeln (der drei hinteren geraden), da diese Durchschneidung schon hinreicht, um die von Longet beschriebenen Phänomene hervorzurufen. In der That beobachtet man an der Mehrzahl der Hunde, dass es ihnen, sofort nachdem man sie dieser Operation unterworfen, fast absolut unmöglich ist, sich aufrecht zu erhalten. Nöthigt man sie zu gehen, so schwanken sie bei jedem Schritte, sie setzen ihre Füsse mit grosser Vorsicht auf, indem sie die Beine spreizen, als wollten sie tastend den Boden prüfen, auf dem sie sich fortbewegen.

Wenn man sie zu laufen zwingt, so fallen sie häufig um und es gelingt ihnen nur mit grosser Mühe sich wieder zu erheben. Alle diese Störungen halten einige Tage lang an, d. h. so lange als es dem Kopf an Halt fehlt und er in allen Richtungen hin und her pendelt.

Sobald die Wunden vernarben und der Kopf in seine normale Stellung zurückzukehren anfängt, schwinden alle diese Störungen allmälig und die Fähigkeit, den Körper zu äquilibriren, kehrt wieder zurück.

Um noch fester zu begründen, dass der Verlust des Gleichgewichts einzig und allein vom Schwanken des Kopfes herrührt, habe ich es versucht, den letzteren durch ein speciell zu diesem Zwecke construirtes Halsband zu fixiren: diese Fixirung ist nicht so leicht zu bewerkstelligen, als man meinen sollte; so oft sie indessen gelingt, verschwinden die Bewegungsstörungen augenblicklich*).

Ebendemselben Gedankengange folgend, bewirkte ich bei Tauben anomale Stellungen des Kopfes, indem ich diesen durch einige Suturen derart an die Haut befestigte, dass der Schnabel nach oben, das Hinterhaupt nach unten gerichtet war. In diesem Falle, wo also keinerlei Verletzung wichtiger Theile stattgefunden hatte, betrugen sich die Tauben genau ebenso wie nach der Durchschneidung der halbzirkelförmigen Canäle: dieselbe Schwierigkeit, das Gleichgewicht zu behaupten, dieselben Reitbahnbewegungen, dieselben Purzelbäume in der einen oder anderen Richtung, dieselben Anstrengungen, um im Kopf oder Schwanz einen dritten Stützpunkt zu finden.

*) Man muss den Hund schon einige Tage vor der Operation an das Tragen des Halsbandes gewöhnen.

Sofort nach Entfernung der Suturen nimmt der Kopf wieder die normale Stellung an und alle geschilderten Symptome verschwinden wie auf einen Zauberschlag.

Unter den übrigen in derselben Richtung unternommenen Versuchen will ich noch auf einen aufmerksam machen, dessen volle Bedeutung im weiteren Verlaufe dieser Arbeit klar zu Tage treten wird.

Indem ich mir von dem Verhältniss Rechenschaft zu geben suchte, welches zwischen der Stellung des Kopfes und dem Gleichgewicht des Körpers besteht, war ich zunächst bei der Annahme stehen geblieben, dass die Kopfhaltung hierbei nur insofern von Belang wäre, als mit Veränderungen derselben auch die Vorstellungen sich ändern müssten, welche das Thier sich von der Vertheilung der dasselbe umgebenden Gegenstände und von der Stellung seines eigenen Körpers im Raume bildet. Von dieser Voraussetzung ausgehend, schloss ich, dass plötzliches Hervorrufen von Strabismus in den ersten Augenblicken Bewegungsstörungen zur Folge haben müsste, welche analog wären denjenigen, die man nach einem Ertheilen anomaler Kopfstellungen zu beobachten Gelegenheit hat.

In der That schien der Versuch die Richtigkeit dieses Schlusses vollständig zu bestätigen.

Indem ich vor den Augen der Tauben Brillen mit prismatischen Gläsern befestigte, rief ich unverzüglich Störungen der Coordination hervor: die Bewegungen der Tauben wurden zögernd und unsicher; sie wagten nicht mehr zu fliegen, stolperten im Gehen u. s. w. Bei einigen habe ich sogar Schwanken des Kopfes und Purzelbäume beobachtet.

Nachdem einmal die Abhängigkeit des Körpergleichgewichts von der normalen Kopfstellung festgestellt war, begann unser Experimentiren an den halbzirkelförmigen Canälen. Diese Experimente sind an Fröschen und Tauben ausgeführt worden.

Wir haben die grösste Mühe auf die Ausbildung eines möglichst präcisen und exacten Operationsverfahrens verwendet*).

Wenn irgendwo auf physiologischem Gebiete die zu beobachtenden Resultate je nach der grösseren oder geringen Präcision des Experimentirens in sehr erheblicher Weise wechseln, so gilt das ganz besonders von den an den halbzirkelförmigen Canälen vorgenommenen Experimenten.

Die Nachbarschaft des Kleinhirns, die Kleinheit des Operationsfeldes, die Anastomosen zwischen den die Canäle umgebenden Gefässen und denen des Gehirns, alles dieses erheischt die grössten Vorsichtsmassregeln während der Operation. Der Experimentirende muss vor Allem in absolutester Weise seine Hände und Augen beherrschen, um nicht beim Verletzen und Reizen der Canäle die durch den Zweck des Versuches vorgezeichneten Grenzen zu überschreiten.

Ich gebe hier eine Uebersicht der beobachteten Phänomene. Obgleich dieselben in den Hauptpunkten mit den von Flourens geschil-

*) Diese Operationsmethoden sind beschrieben in meinem Werke: Die Methodik der physiologischen Experimente und Vivisectionen. Giessen und Petersburg 1876. S. 542 ff.

derten übereinstimmen, glaube ich dennoch, dass ihre Reproduction für die nachfolgende Discussion unentbehrlich ist.

Die rapid ausgeführte Durchschneidung des membranösen horizontalen Canals ruft bei der Taube ein oder zwei oscillatorische Kopfbewegungen hervor. Diese Schwingungen vollziehen sich in einer horizontalen Ebene und um die senkrechte Axe des Kopfes.

Die erste Schwingung ist immer von der operirten Seite nach der entgegengesetzten Seite gerichtet, als ob das Thier durch diese Bewegung einer peinlichen oder schmerzhaften Empfindung sich entziehen wollte.

Haben diese Schwingungen aufgehört, so durchschneidet man in derselben Weise den entsprechenden Canal der anderen Seite. Die Schwingungen erneuern sich sofort mit grosser Heftigkeit und halten jetzt sehr viel länger an. Ihre Intensität steigert sich immer mehr und mehr, bis der ganze Körper des Thieres in die Bewegung mit fortgerissen wird.

Die Taube verliert das Gleichgewicht, fällt bei jedem Schritt um, dreht sich um ihre verticale Körperaxe, führt Reitbahnbewegungen aus u. s. w.

Es genügt den Schnabel einer unter solchen Verhältnissen sich befindenden Taube, z. B. durch Unterstützung desselben mittels eines Fingers, zu fixiren, um unverzüglich allen diesen uncoordinirten Bewegungen ein Ende zu machen. Sobald der Kopf fixirt ist, beruhigt sich die Taube. Ohne eine solche ihm von aussen zu Theil werdende Stütze macht das Thier langdauernde Anstrengungen, um sein verlorenes Gleichgewicht wiederzufinden und Herr seiner Bewegungen zu werden; dies gelingt ihm gewöhnlich dadurch, dass es sich auf den Schwanz stützt.

Verfügt sie in solcher Weise über drei Stützpunkte, so kann die Taube lange Zeit hindurch völlig ruhig bleiben; aber die geringste Erschütterung, oft schon ein blosses Senken des Kopfes unter dessen eigner Last genügt, um diese Ruhe zu unterbrechen und die ganze Reihe jener von uns soeben beschriebenen regellosen Bewegungen wieder von Neuem hervorzurufen; je stärker die Erschütterung war, je weniger Hindernisse diesen Bewegungen entgegengesetzt werden, um so heftiger werden sie und um so länger dauern sie.

Den Tauben, welche diese Verstümmelungen erlitten haben, ist das Fliegen, wenn auch nicht ganz unmöglich geworden, so doch sehr erschwert; treffen sie dabei auf ein noch so geringes Hinderniss, so stürzen sie zur Erde nieder wie ein lebloser Körper.

Während der ersten Tage nach der Operation wird es ihnen sehr schwer, Nahrung zu sich zu nehmen, so dass sie künstlich ernährt werden müssen. Erst nach und nach gelangen sie dahin, hinreichend Herr über die Bewegungen ihres Kopfes zu sein, um ohne fremde Hülfe ruhig bleiben zu können.

Acht bis zehn Tage nach der Operation ist die Taube in der Mehrzahl der Fälle schon wieder völlig hergestellt und, auf den ersten Blick, von einer normalen Taube nicht zu unterscheiden. Nur wenn man sie fliegen lässt oder plötzlich erschreckt, kann man noch einige der be-

schriebenen Störungen wieder eintreten sehen: die Taube stolpert noch von Zeit zu Zeit, wenn sie zu entfliehen sucht und dabei allzu rasch läuft.

Aber auch diese Symptome verschwinden endlich, und es bleibt keine andere Spur der überstandenen Operation zurück, als nur eine gewisse Ungeschicklichkeit beim Fluge.

Dieser günstige Ausgang wird übrigens nur dann beobachtet, wenn die Operation mit sehr grosser Sorgfalt ausgeführt worden war, wenn jeder Blutverlust während der Operation vermieden wurde und wenn, was von ganz besonderem Belange ist, ausser der Durchschneidung der beiden Canäle, keine andere Verletzung stattgefunden hatte.

Die Reihe von Erscheinungen, die sich bei Tauben nach Durchschneidung der hinteren*) senkrechten Canäle abwickeln, ist mit der soeben beschriebenen identisch. Der Unterschied besteht nur in der Richtung der Bewegungen. Die Bewegungen des Kopfes erfolgen nämlich von unten nach oben und von oben nach unten, d. h. in einer senkrechten Ebene und um eine wagerechte Axe. Auch der Körper, anstatt — wie nach den Verletzungen der verticalen Canäle — Reitbahnbewegungen auszuführen oder um eine senkrechte Axe zu rotiren, schlägt Purzelbäume um seine horizontale Axe, wie wenn der ganze Körper dadurch, dass der Kopf so heftig von unten nach oben schwingt, in diese Bewegung mit fortgerissen würde.

Während also nach Durchschneidung der horizontalen Canäle die Bewegungen des Kopfes wie des Körpers um Axen ausgeführt werden, welche der Richtung des unversehrt gebliebenen hinteren horizontalen Canals parallel sind, ruft die Durchschneidung dieses letzteren Canals unwillkürliche Bewegungen um Axen hervor, die der Richtung des verticalen Canals parallel sind.

Es erübrigt noch zu bemerken, dass überhaupt alle nach der Durchschneidung der beiden hinteren senkrechten Canäle erfolgenden Bewegungen einen sehr viel stürmischeren Character haben, als die nach Verletzungen der horizontalen Canäle eintretenden.

Der Verlauf der Störungen nach der Operation stimmt mit dem oben beschriebenen überein: nach acht bis zwölf Tagen verschwinden diese Störungen fast vollständig, lediglich eine gewisse Unbeholfenheit bei plötzlichen Bewegungen, sowie eine fast völlige Unfähigkeit zu fliegen zurücklassend.

Selten ist der Ausgang der Operation ein so günstiger, wenn diese von einem einigermassen beträchtlichen Blutverluste begleitet war, oder wenn benachbarte Organe mehr oder weniger tiefe Verletzungen erfahren hatten. In solchem Falle beobachtet man einige Tage nach der Operation, an welchem Canale dieselbe auch vorgenommen sein möge, Symptome einer lebhaften Reizung des Kleinhirns: die Taube ist beständig aufgeregt, die geringste Erschütterung ruft bei ihr heftige Convulsionen hervor. Häufig erliegen die Thiere nach einigen Tagen und der Ob-

*) Man bezeichnet als hinteren senkrechten Canal denjenigen, welcher von oben nach unten gerichtet ist und den horizontalen Canal kreuzt, und als oberen senkrechten Canal denjenigen, welcher von hinten nach vorn gerichtet ist. Diese letztere Bezeichnung müsste ersetzt werden durch „vorderer Canal", um auf die Canäle der Säugethiere Anwendung finden zu können.

ductionsbefund ergiebt starke Hyperämie, mitunter selbst Vereiterung des kleinen Gehirns. Im Genesungsfalle behält die Taube gewöhnlich eine abnorme Kopfstellung, und die Bewegungsstörungen können noch lange nachher wiederkehren und zwar so ziemlich denselben Character wie sogleich nach der Operation darbieten.

Durchschneidet man gleichzeitig beide wagerechte und beide senkrechte Canäle, so fallen die Bewegungen des Kopfes wie des Körpers noch um Vieles stürmischer aus.

Diejenigen des Kopfes lassen sich nur sehr schwer beschreiben. Bald erfolgen sie von oben nach unten und von unten nach oben, bald von rechts nach links und von links nach rechts. Oft beobachtet man auch eine Bewegung, deren Richtung gewissermaassen die Resultirende der beiden soeben bezeichneten Richtungen ist. Es bewegt sich der Kopf z. B. von rechts und oben nach links und unten und hierauf in umgekehrter Richtung; auf solche Weise beschreibt die Taube mit ihrem Kopfe eine krumme Linie, die einer liegenden Acht (∞) gleicht.

Ueberleben sie diese Operation, so gewinnen die Tauben niemals ihr Gleichgewicht wieder und bleiben auch für immer mit den übrigen Bewegungsstörungen behaftet.

Bei Tauben, denen beide Canäle beiderseits durchschnitten waren, habe ich es versucht, mit Hülfe eine leichten Apparates den Kopf in der normalen Stellung zu erhalten. Unglücklicherweise ist es mir nicht gelungen, eine Halsbandform ausfindig zu machen, die, während sie den Kopf fixirt hätte, der Taube bei deren Bewegungen nicht etwas hinderlich gewesen wäre.

Trotz dieser Schwierigkeit habe ich vermöge eines aus Pappe gefertigten Halsbandes den Bewegungen einer Taube Einhalt thun können, wenigstens so lange dieselbe auf einer weichen und unebenen Oberfläche sich befand. Auf einer gebohnerten Diele war ihr die Bewahrung des Gleichgewichts unmöglich, trotz der Fixirung des Kopfes.

Da es mir zu jener Zeit nicht gelungen war, mit gleicher Präcision die Operation am oberen senkrechten Canale auszuführen, habe ich darauf verzichtet, in meiner ersten Mittheilung die Störungen zu besprechen, welche bei den Tauben nach Verletzungen dieses Canales eintreten. Weiter unten werde ich darauf zurückkommen.

Um mir besser Rechenschaft geben zu können vom Mechanismus der Bewegungen, welche man bei den Tauben nach Verletzung der halbzirkelförmigen Canäle beobachtet, habe ich diese Bewegungen in drei Gruppen eingetheilt.

In die erste habe ich alle diejenigen Bewegungen verwiesen, welche von einem Verluste des Gleichgewichts abhängig sind, wie die Unmöglichkeit, sich aufrecht zu halten, die Einknickung der Beine, das Suchen nach einem dritten Stützpunkt, das Spreizen der Beine etc.

Die zweite Gruppe umfasst alle die unmittelbar nach der Operation sich einstellenden unwillkürlichen Bewegungen des Thieres, wie die pendelnden Bewegungen des Kopfes, die Reitbahnbewegungen, die Purzelbäume des ganzen Körpers etc.

In der dritten Gruppe endlich haben wir diejenigen Bewegungen und Convulsionen untergebracht, welche erst vier oder fünf Tage nach

der Operation zur Erscheinung gelangen und nur aus einer auf das kleine Gehirn fortgeschrittenen Entzündung resultiren oder aus anderen schlimmen Folgen einer ungeschickt ausgeführten Operation*).

Aus zwei Gründen haben wir den Verlust der Fähigkeit, den Körper im Gleichgewicht zu erhalten, für eine directe und nothwendige Folge der Durchschneidung der Canäle erklärt: 1. dieser Verlust giebt sich sofort nach der Operation zu erkennen, gleichviel an welchen Canälen man die Verletzung auch vorgenommen habe; 2. die Natur der von uns in der zweiten Gruppe untergebrachten Bewegungen erhebt es über jeden Zweifel, dass die halbzirkelförmigen Canäle eine grosse Rolle spielen bei der Orientirung unseres Körpers innerhalb des Raumes. Dieser zweite Punkt verlangt eine umständliche Auseinandersetzung.

Die anatomische Anordnung der drei halbzirkelförmigen Canäle, deren Richtungen genau den Coordinaten der drei Dimensionen des Raumes entsprechen, deutet gewissermassen schon darauf hin, dass diese Canäle zu unserer Fähigkeit, uns innerhalb des Raumes zu orientiren, eine gewisse Beziehung haben. Aus der detaillirten Analyse der nach der Durchschneidung eines jeden Canalpaares auftretenden Bewegungen erwachsen dieser Auffassung neue Stützen. In der That führt ja die Verletzung der beiden horizontalen Canäle solche Bewegungen des Kopfes und des ganzen Körpers herbei, die sich in einer horizontalen, der Richtung der verletzten Canäle parallelen Ebene abspielen.

Dahingegen ruft die Durchschneidnng der hinteren senkrechten Canäle Bewegungen in einer senkrechten, den durchschnittenen Canälen parallelen Ebene hervor. Endlich erzeugt die Durchschneidung beider Canalpaare Bewegungen, deren Richtung die Resultirende aus den beiden soeben von mir bezeichneten Richtungen ist.

Die folgende Erklärung schien mir am geeignetsten, über die Natur der Beziehungen zwischen den halbzirkelförmigen Canälen und unseren Begriffen von den drei Raumdimensionen Aufschluss zu geben.

Die Nervenfasern der häutigen Canäle oder ihrer Ampullen empfangen eine Reihe von Eindrücken, welche dazu dienen, völlig unbewusste Vorstellungen von der Stellung unseres Kopfes im Raume (und indirect von derjenigen unseres Körpers) zu Wege zu bringen; so gut wie die unbewussten Empfindungen der Augenmuskeln uns über die Richtung unserer Sehaxen belehren und hierdurch über die Disposition der uns umgebenden Gegenstände.

Da die Durchschneidung eines einzigen Canals anomale Empfindungen erzeugt, ist es unvermeidlich, dass in Folge der Störungen dieser Empfindungen unsere Begriffe von der Stellung unseres Kopfes mehr oder weniger unrichtige werden.

Einige Bewegungen des Kopfes genügen übrigens dem Thiere, um es in den Stand zu setzen, mit Hülfe der normalen Empfindungen, die es vom correspondirenden Canale der anderen Seite empfängt, seine einen Augenblick getrübten Begriffe zu corrigiren; dieses ist der Grund, weshalb die durch die Durchschneidung eines einzigen Canales ver-

*) Wir citiren hier fast wörtlich unsere erste Abhandlung, um genau festzustellen, worin wir schon damals von den übrigen Autoren abwichen.

ursachten Störungen schon so bald nach der Operation wieder verschwinden.

Die Wiederherstellung richtiger Begriffe von unserer Körperstellung und somit die Wiederherstellung des Gleichgewichts, ist mit ungleich grösseren Schwierigkeiten und Anstrengungen verbunden, wenn man, anstatt eines einzigen Canales, zwei correspondirende Canäle durchschneidet.

In solchen Falle vergehen oft Tage, und selbst Wochen, bevor das Thier, mit Hülfe der unversehrt gebliebenen Canäle und mit Hülfe der übrigen Sinnesorgane, endlich dahin gelangt, die in seinen Begriffen eingetretenen Störungen zu corrigiren.

Da sich aus meinen anderen Versuchen ergeben hat, dass plötzliches Ertheilen einer falschen Kopfstellung schon hinreichte, um die Thiere das Gleichgewicht des gesammten Körpers verlieren zu lassen, habe ich mich für berechtigt gehalten, aus meinen an den Canälen vorgenommenen Versuchen den Schluss zu ziehen, dass die Canäle auf das Körpergleichgewicht durch nichts Anderes einwirken, als nur durch Uebermittelung richtiger Begriffe von der Stellung unseres Kopfes im Raume.

Was die oben erwähnte zweite Gruppe von Bewegungen anbelangt, so schien es mir unmöglich, ihre Entstehung einzig und allein von einem Verluste des Gleichgewichts herzuleiten. Diese Bewegungen schienen vielmehr wirkliche, durch höchst intensive reflectorische Erregungen erzeugte Convulsionen zu sein.

Die lebhaften Pendelbewegungen des Kopfes, die Sprünge und Purzelbäume des ganzen Körpers mussten demnach auf Erregungen der in den Ampullen oder in den Canälen enthaltenen Nervenendigungen zurückgeführt werden, Erregungen, die ihre Quelle entweder in der Operation selbst hatten, oder aber in dem Zutritt von Luft und Blut, oder aber endlich in den heftigen Erschütterungen, welche der Körper des Thieres erleidet, während dasselbe über die Stellung seines Kopfes sich zu orientiren sucht.

Aber diese Erklärung gab einem gewichtigen Einwurf Raum. Sie liess die Frage unbeantwortet, weshalb die Durchschneidung eines einzigen Canales oder eine solche zweier Canäle derselben Seite diese heftigen Kopfbewegungen nicht hervorrufe. Es war, um diesem Einwande zu begegnen, dass ich auch noch die Annahme zuliess, dass bilaterale Durchschneidung der Canäle einen Gehörschwindel erzeuge; hinsichtlich dieses letzteren Punktes also stimmte meine Auffassung mit derjenigen Herrn Vulpian's und Anderer überein.

§ 7. Die aus meinen ersten Untersuchungen gezogenen Schlussfolgerungen.

Ich lasse hier in Kürze die Resultate meiner ersten Arbeit über die halbzirkelförmigen Canäle folgen, wie sie in meiner 1873 in Pflüger's Archiv veröffentlichten Abhandlung (s. oben) formulirt worden sind:

1. Um das Gleichgewicht unseres Körpers zu bewahren, ist uns ein richtiger Begriff von der von unserem Kopfe im Raume eingenommenen Stellung unentbehrlich.

2. Die Functionen der halbzirkelförmigen Canäle bestehen darin, uns mit Hülfe unbewusster Empfindungen die richtige Vorstellung von dieser Stellung zu geben. Jeder Canal hat eine ganz bestimmte Beziehung zu einer der Dimensionen des Raumes.

3. Die Bewegungsstörungen, welche nach der Durchschneidung der halbzirkelförmigen Canäle auftreten, zerfallen in drei Gruppen:

a) Gleichgewichtsstörungen als unmittelbare Folge der Durchschneidung.

b) Unwillkürliche Bewegungen, hervorgerufen durch Reize, welche von den anomalen (Gehörs?) Sensationen abhängen etc.

c) Consecutive Phänomene, die erst einige Tage nach der Operation sich einstellen in Folge der Reizung des kleinen Gehirns etc.

§ 8. Experimente an den halbzirkelförmigen Canälen der Frösche.

Obwohl meine die halbzirkelförmigen Canäle der Frösche betreffenden Versuche keine neuen Gesichtspunkte geliefert hatten, welche es gestattet haben würden, diesen Schlussfolgerungen eine noch genauere und präcisere Fassung zu geben, boten sie nichtsdestomeniger ein gewisses Interesse dar; sie zeigten, dass auch bei diesen Thieren die beobachteten Bewegungen, je nach dem operirten Canal, wechseln, aber stets durch Gleichgewichtsstörungen charakterisirt sind.

Welcher Canal auch operirt sein möge, immer erzeugt die Verletzung, sobald sie eine beiderseitige ist, eine Deviation des Kopfes. Diese Deviation des Kopfes besteht in einer Drehung um dessen Längsaxe: ein Auge bleibt nach oben gerichtet, während das andere nach abwärts sieht.

Die Sprünge des Frosches fallen nach der Durchschneidung der horizontalen Canäle sehr ungeschickt aus. Nach jedem Sprunge fällt er in einer etwas seitlichen Richtung nieder, so dass er nach einigen Sprüngen einen fast regelmässigen Kreis beschrieben hat. Oefters kommt er dabei, anstatt flach niederzufallen, auf eine Seite zu liegen, und dann gelingt es ihm nur mit Mühe, die normale Lage wiederzuerlangen.

Das Schwimmen ist in sehr characterischer Weise modificirt: während desselben erhebt nämlich der Frosch bald die eine bald die andere Körperhälfte, um seine Längsaxe schwingend.

Die Durchschneidung zweier senkrechter Canäle, welche den hinteren senkrechten der Vögel entsprechen, ruft noch beträchtlichere Störungen hervor. Bei seinen Sprüngen fällt der Frosch an derselben Stelle nieder, öfters nachdem er in der Luft einen halben Purzelbaum geschlagen, in welchem Falle er beim Niederfallen auf den Rücken zu liegen kommt; er schwimmt gewöhnlich im Kreise.

Die Durchschneidung der beiden anderen senkrechten Canäle bewirkt, dass jede combinirte Ortsveränderung dem Frosch unmöglich wird; seine Sprünge in die Luft erfolgen mit grossem Ungestüm, oft fällt er auf den Kopf nieder oder führt einen vollständigen Purzelbaum um den Kopf aus.

Beim Niederfallen ereignet es sich oft, dass er etliche Male um seine Längsaxe rollt, bevor er wieder auf vier Füssen zur Ruhe gelangt. Frösche, denen diese beiden senkrechten Canäle durchschnitten worden sind, haben eine Tendenz, beim Schwimmen sich aufrecht zu halten: da sie zugleich im Kreise schwimmen, gleichen ihre Bewegungen vollständig den Bewegungen Walzender. Selbst ausserhalb des Wassers behalten sie eine senkrechte Stellung bei, indem sie sich fast ausschliesslich auf die Hinterfüsse niedersetzen.

§ 9. Herrn Böttcher's Einwürfe.

Die ersten Schriften über die halbzirkelförmigen Canäle, die bald nach der meinigen erschienen, sind diejenigen der Herren Mach, Crum Brown und Breuer. Bevor ich aber zu einer Würdigung dieser Arbeiten übergehe, muss ich noch einer Mittheilung des Herrn Professor Böttcher (Dorpat) erwähnen, welche jede fernere Untersuchung über die halbzirkelförmigen Canäle hätte überflüssig erscheinen lassen können.

Indem Herr Böttcher auf den Mangel an Präcision beim Operationsverfahren einiger Physiologen, welche Untersuchungen über die Flourens'schen Phänomene veröffentlicht hatten, sich berief, behauptete er in diesen Phänomenen nur das Resultat von Verletzungen des Kleinhirns oder zur Nachbarschaft des Gehirns gehöriger Theile erblicken zu können; seiner Ansicht nach musste eine Durchschneidung der halbzirkelförmigen Canäle, die nicht mit solchen secundären Verletzungen verbunden gewesen wäre, keinerlei Einfluss auf die von Flourens beschriebenen Bewegungsstörungen ausüben. Wenn wir nun auch einräumen wollen, dass ein Operationsverfahren, wie z. B. Herr Goltz es angewendet hat, von dem Vorwurfe, Verletzungen in den Nachbartheilen anzurichten, nicht frei bleibt, so können wir doch die Vorwürfe Herrn Böttcher's weder für die Versuche von Flourens, noch für die der Herren Vulpian und Löwenberg, noch für die meinigen gelten lassen.

Die Symptome einer Affection des Kleinhirns, welche man mitunter an den Tauben beobachtet, erscheinen oft mehrere Tage nach der Operation und wenn diese schlecht ausgeführt wurde, während die Flourens'schen Phänomene augenblicklich auf die Verletzung der häutigen Canäle folgen.

Die allerschwerwiegendsten Störungen können zur Beobachtung gelangen, wenn die Operation mit der grössten Sorgfalt ausgeführt wurde, ohne dass die minutiöseste Leichenuntersuchung im Stande wäre, die geringste Spur einer Verletzung oder irgend einer Reizung des grossen oder kleinen Gehirns aufzufinden.

Es giebt übrigens einen Umstand, welcher der Aufmerksamkeit des Herrn Böttcher entgangen zu sein scheint und welcher vollständig hinreicht, alle seine Einwürfe zu entkräften.

Wie wir weiter oben gesehen haben, differiren die Bewegungsstörungen beträchtlich untereinander, je nach dem Canal, an welchem die Operation vollzogen wurde. Dieses beweist, dass es wirklich die Canäle selbst sind, welche jene Bewegungsstörungen erzeugen. Es ist in der That einleuchtend, dass, wenn die letzteren nur von einer Ver-

letzung des Kleinhirns abhingen, sie immer denselben Character an sich tragen würden.

Ausser diesem Einwande, den ich Herrn Böttcher gegenüber bereits in einer Anmerkung zu der russischen Ausgabe meiner Arbeit*) vorgebracht habe, existirt noch ein anderer, welcher keinen Zweifel über die streitige Frage bestehen lässt.

Wenn man z. B. anstatt zwei symmetrische Canäle zu durchschneiden, auf einer Seite an einem horizontalen Canale, auf der anderen an einem verticalen operirt, nimmt man keinerlei Unordnung in den Bewegungen wahr. Die secundären Verletzungen des grossen wie des kleinen Gehirns haben also durchaus keinen Antheil an der Erzeugung jener Bewegungsstörungen.

Ganz dasselbe Ausbleiben Flourens'scher Phänomene bei Durchschneidung zweier Canäle derselben Seite. Ausser einigen wenigen Pendelschwingungen des Kopfes, welche nach Durchschneidung eines jeden Canals erfolgen, gelangt kein anderes Symptom zur Wahrnehmung.

§ 10. Untersuchungen der Herren Mach, Crum Brown und Breuer.

Wir gehen jetzt über zu den Arbeiten der Herren Mach, Crum Brown und Breuer. Zunächst erwecken diese Arbeiten dadurch Interesse, dass diese drei Schriftsteller gleichzeitig und völlig unabhängig von einander über die Functionen der halbzirkelförmigen Canäle Hypothesen aufgestellt haben, die in fast allen Punkten identisch sind.

Diese Uebereinstimmung der Ansichten erklärt sich zum Theil daraus, dass alle drei ihre Theorie auf rein theoretischen Betrachtungen und auf von anderen Physiologen über die Flourens'schen Phänomene veranstalteten Experimenten begründeten. Dessenungeachtet war es eben diese Uebereinstimmung, welche der Theorie dieser Autoren einen grossen Anschein von Wahrheit gab, und zwar um so mehr, als diese Theorie über sämmtliche bis dahin in Betreff der Functionen der halbzirkelförmigen Canäle angestellte Beobachtungen Aufschluss zu geben schien.

Unstreitig ist die wichtigste unter den drei citirten Arbeiten die des Prager Physikers, Herrn Mach.

Seine theoretischen Betrachtungen sind von ebenso hohen Gesichtspunkten aus unternommen, als mit unbestreitbarer Consequenz durchgeführt. Obgleich auch Herr Mach auf alles directe Experimentiren an den halbzirkelförmigen Canälen verzichtet hat, enthält seine Arbeit doch eine grosse Zahl anderer höchst interessanter Versuche; alle diese Versuche behalten ihren vollen Werth, wiewohl sie auf die Physiologie der halbzirkelförmigen Canäle, an welche Herr Mach sie anzuknüpfen versucht hat, nur wenig Anwendung finden.

Wir können uns umsomehr darauf beschränken, die Auffassungsweise des Herrn Mach zu analysiren, als die beiden anderen Autoren dieser seiner Auffassungsweise hinsichtlich fast aller Punkte, in welchen sie anfänglich von ihr abwichen, seitdem sich genähert haben.

*) Sammlungen physiologischer Untersuchungen aus dem Laboratorium des Verf. in der St. Petersburger Akademie. 1874. St. Petersburg.

Der wichtigste Theil des Werkes des Herrn Mach besteht in einer vielfach variirten Experimentaluntersuchung, welche das von uns weiter oben besprochene Purkinje'sche Phänomen zum Gegenstand hat.

In den von ihm aus seinen Experimenten gezogenen Schlussfolgerungen versucht Herr Mach dieses Phänomen mit den von Flourens an den halbzirkelförmigen Canälen angestellten Beobachtungen in Verbindung zu bringen.

Herr Mach analysirt zuvörderst die Empfindungen, die wir während einer solchen Bewegung unseres Körpers wahrnehmen, welche einen vollständigen Ortswechsel desselben herbeiführt; er sucht nachzuweisen, dass wir im Stande sind, nur die Beschleunigung dieser Bewegung und nicht die gleichmässige Bewegung zu percipiren: d. h. dass unsere Empfindungen erzeugt werden nicht durch die Schnelligkeit der Bewegung, sondern durch die Abwechselungen in dieser Schnelligkeit.

„Während einer Eisenbahnfahrt, sagt Herr Mach*), fühlen wir nur die kleinen Erschütterungen, durch welche Beschleunigungen oder Verlangsamungen in der Bewegung unseres Körpers erzeugt werden, aber die sich die Wagschale halten, da ja die mittlere Geschwindigkeit, mag nun der Zug sich vor- oder rückwärts bewegen, eine constante bleibt. Und in der That können wir bei geschlossenen Augen uns mit Leichtigkeit beide Fälle vorstellen und ohne Anstrengung (?) von einer Vorstellung zur anderen übergehen. Dies wird unmöglich, wenn der Zug sich in Bewegung zu setzen beginnt (oder wenn er auf dem Punkt ist anzuhalten) oder allemal wenn die Beschleunigung von Null differirt und eine bestimmte Richtung hat."

Mit Hülfe eines Apparates, der aus einem mit einem Sessel versehenen Rahmen bestand und eine Rotation des Rahmens um eine verticale Axe, des Sessels um eine horizontale Axe zuliess, hat Herr Mach an sich selbst eine Reihe sehr mannigfach modificirter Experimente vorgenommen.

Hauptzweck dieser Versuche war, auf eine mehr exacte Weise die Empfindungen des Schwindels sowie diejenigen der Bewegung zu studiren. Der wichtigste Schluss, zu welchem diese Untersuchungen geführt haben, ist der, dass wir die Winkel-Beschleunigung, nicht aber die Winkel-Geschwindigkeit empfinden.

Anderen Versuchen hat er die Ueberzeugung entnommen, dass die durch die Winkel-Beschleunigung erzeugten Empfindungen länger anhalten, als die Beschleunigung selbst, und dass die Stellung des Kopfes während dieser Bewegungen einen vorwiegenden Einfluss ausübt auf die Natur dieser Empfindungen sowie auf die uns gegebene Möglichkeit, deren Richtung zu bestimmen.

Indem er den Winkel variirte, den miteinander der Sessel, auf welchem er sich befand, und der Rahmen, in welchem die Rotationsaxe dieses Sessels fixirt war, bildeten, indem er die Beleuchtung des Zimmers, in welchem der Rahmen aufgestellt war, modificirte, d. h. bald dieses Zimmer verdunkelte, bald Licht in dasselbe einströmen liess, indem er die Stellung seines Kopfes während der Rotation wechselte, ist

*) Aus dem Französischen ins Deutsche zurückübersetzt.

Herr Mach im Laufe seiner zahlreichen Untersuchungen zu höchst interessanten die Physiologie des Schwindels betreffenden Resultaten gelangt. Er vermochte auf solche Weise das Characteristische der Sensationen, der geistigen Vorstellungen sowie der meistentheils vagen Urtheile, die wir auf jene anomalen Sensationen gründen, genau zu bestimmen.

Die weiter oben erwähnte Erklärung, welche Purkinje von dem Ursprunge dieser beim Schwindel auftretenden Sensationen gegeben hat, befriedigt Herrn Prof. Mach nicht. Er versucht es daher, eine andere ausfindig zu machen.

In dieser Absicht durchmustert er alle Organe, welche der Sitz dieser Empfindungen sein könnten. Er schliesst so die sensiblen Nerven der Haut aus, sowie die des Bindegewebes, der Knochen und der Muskeln. Indessen muss ich hinzufügen, dass die Gründe, welche Herrn Prof. Mach bei dieser Eliminirung leiten, in den meisten Fällen nicht zwingende sind. Dieser ausgezeichnete Physiker beschränkt sich darauf, diejenigen Thatsachen anzuführen, welche eine ausschliessliche Abhängigkeit der in Rede stehenden Empfindungen von den soeben von mir erwähnten Nerven unwahrscheinlich machen.

Hierauf geht Prof. Mach zur Analyse der beträchtlichen Verschiebungen über, welche die Blutmasse während der Rotation des Körpers erfahren muss, und findet es wenig wahrscheinlich, dass die von dieser Verdrängung herrührenden Empfindungen uns die Richtung dieser Rotation mit Genauigkeit anzugeben gestatten würden.

Diese letztere Exclusion giebt Herrn Mach Gelegenheit, die während der Rotation unseres Körpers zur Beobachtung gelangenden visuellen Phänomene ausführlicher zu discutiren und zu untersuchen, ob die Ortsveränderungen der Augäpfel zu deren Erklärung nicht genügen würden.

Wir haben weiter oben daran erinnert, dass Purkinje auf diese Ortsveränderungen ein grosses Gewicht legte: seiner Ansicht nach bewirkt die Tendenz der Augäpfel, die Gegenstände während der Rotation des Kopfes zu fixiren, dass die Augen dieser Bewegung nicht mit derselben Schnelligkeit folgen; sie bleiben gewissermaassen unterwegs etwas zurück und nehmen ihre normale Stellung in der Augenhöhle erst ein wenig später wieder ein. Nach dieser Theorie Purkinje's würde der Schwindel, der uns glauben macht, dass die uns umgebenden Gegenstände sich um uns zu drehen fortfahren, in einem Ortswechsel des Gesichtsfeldes bestehen, welcher durch die Bewegung der Augäpfel erzeugt wird, und welchen wir in völlig unbewusster Weise den Gegenständen selbst zuschreiben — in Folge unserer Gewohnheit, Ortsveränderungen der umgebenden Gegenstände je nach den Empfindungen zu beurtheilen, welche die Contraction der Augapfelmuskeln, während wir mit den Augen diesen Gegenständen folgen, in uns erzeugt.

Prof. Mach hält (unserer Meinung nach mit Unrecht) diese so einfache Erklärung Purkinje's für nicht genügend; er ist vielmehr geneigt, sich der von Herrn Breuer jener Erklärung gegebenen Modification anzuschliessen. Hiernach wären es nicht mehr die Trägheit der Augäpfel und die Tendenz unserer Augen, zu fixiren, welche die Verspätung in der Bewegung der Augäpfel verursachten; sondern diese Be-

wegungen wären reflectorischen Ursprungs und hervorgerufen durch Erregung der sich in den Ampullen vertheilenden Nerven.

Diese Bewegungen hätten nach Breuer einen compensatorischen (?) Zweck und eine der Kopfrotation entgegengesetzte Richtung. Erst wenn die Bewegung des Kopfes aufgehört haben wird, werden auch die Augäpfel ihre normale Stellung innerhalb der Orbita wieder einnehmen.

Aber da während dieser Rückkehr zur normalen Stellung die äusseren Gegenstände das Gesichtsfeld der Retina in der der Rotation des Auges entgegengesetzten Richtung passiren werden, werden wir den Eindruck gewinnen, als wenn dieselben in einer Richtung sich drehen, welche der Bewegung unseres Körpers, die den Schwindel erzeugt hat, entgegengesetzt ist.

Welches auch der Werth dieser von Breuer der Purkinje'schen Theorie des Schwindels gegebenen Modification sein mag, auch sie befriedigt Prof. Mach nicht vollständig.

Gewisse Beobachtungen, die er an sich selbst während dieser Experimente angestellt hat, haben ihm gezeigt, dass die scheinbare Bewegung der äusseren Gegenstände selbst dann erfolgt, wenn die Netzhaut immobil verharrt.

Ich werde noch später auf diese Beobachtungen zurückkommen, die von fundamentaler Wichtigkeit für unsere Auffassungsweise der Schwindelanfälle sind.

Für den Augenblick wollen wir uns auf die Bemerkung beschränken, dass die früheren, zur Erklärung des Schwindels in Vorschlag gebrachten Theorien ausser Stande sind, über sämmtliche diesen Zustand betreffende experimentelle Beobachtungen Aufschluss zu geben.

Prof. Mach ist ebensowenig befriedigt von Purkinje's Theorie, der zu Folge die Hauptursache des cerebralen Schwindels in den rein mechanischen Störungen zu suchen ist, welche die Rotation unseres Körpers im grossen und im kleinen Gehirn erzeugt (siehe weiter oben!); er giebt eine neue Theorie dieser Phänomene.

„Nehmen wir an", sagt er, „dass wir in einem Körper B einen mit Nervenendigungen ausgekleideten Hohlraum besitzen und dass diese Höhle einen anderen festen oder flüssigen Körper A enthalte: vermöge seiner Schwere wird dieser letztere Körper auf einen Theil der Wandungen (der Höhle) einen stärkeren Druck als auf die übrigen ausüben; dadurch wird er die Stellung des Körpers B zur Verticalen mit Genauigkeit angeben. Bei jeder dem Körper B ertheilten Beschleunigung wird der Körper A in entgegengesetzter Richtung einen Gegendruck ausüben, welcher zur Beschleunigung der Schwere hinzukommen wird; hierdurch wird der Ort des Druckes im Hohlraume, sowie die Intensität dieses Druckes wechseln. Endlich wird bei jeder dem Körper B ertheilten Winkelbeschleunigung der Körper A eine Rotation in entgegengesetzter Richtung auszuführen streben. Durch die beiden ersten ursächlichen Momente wird B in den Stand gesetzt werden, sich Kenntniss von seiner Stellung sowie von der progressiven Beschleunigung in gerader Linie zu verschaffen;. seine Winkelbeschleunigung würde ihm durch das dritte

*) Aus dem Französischen in's Deutsche zurückübersetzt.

angezeigt werden. — Der Vorhof mit den halbzirkelförmigen Canälen wäre dieses Organ (B), dessen Schema wir soeben entwickelt haben. Es ist wahrscheinlich, dass für die beiden ersten Fälle specielle, von denjenigen, welche für den dritten Fall bestimmt sind, verschiedene Nerven vorhanden sind. Wenn wir die Bogengänge studiren, scheinen sie uns ganz besonders die Aufgabe zu haben, diesem Principe der Erhaltung der Flächen Genüge zu leisten.

„Während einer jeden Winkelbeschleunigung um eine senkrechte Axe oder in der Ebene eines Canals muss sein Inhalt einen Zug in umgekehrter Richtung ausüben, welcher sich den Ampullennerven als ein Zeichen dieser Winkelbeschleunigung zu erkennen geben würde" (Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen, Leipzig 1875, S. 103).

„Laut dem von Müller gegebenen Gesetz der specifischen Energien haben die Ampullennerven die specifische Energie, eine jegliche Erregung, welcher Art dieselbe auch sei, durch eine Rotationssensation zu beantworten".

„Die Flourens'schen Phänomene werden noch leichter verstanden werden, wenn wir mit Löwenberg annehmen, dass die Durchschneidung der Bogengänge Erregung und nicht Paralyse erzeugt".

Wir brechen hier unsere Citate ab und wollen es versuchen, Prof. Mach's Ansichten zu resümiren.

I. Dieser Physiker betrachtet die Flourens'schen Phänomene und die Purkinje'schen als durch dieselben Ursachen bewirkt.

II. In Uebereinstimmung mit der Erklärung, welche ich in meiner schon citirten Arbeit gegeben, schreibt auch Prof. Mach der anatomischen Anordnung der drei Bogengänge eine, den Coordinaten der drei Raumdimensionen entsprechende, functionelle Bedeutung zu.

Aber er weicht insofern von mir ab, als er annimmt, dass die in diesen Canälen sich vertheilenden Nerven uns während der Rotation des Kopfes von den Winkelbeschleunigungen Kunde geben können.

III. In Uebereinstimmung mit Prof. Goltz schreibt Prof. Mach der in den membranösen Canälen enthaltenen Flüssigkeit eine vorwiegende Rolle beim Functioniren der Canäle zu. Er giebt der Auffassung des Prof. Goltz von dem Drucke, den diese Flüssigkeit während der Kopfbewegungen auf die Ampullenwände ausüben muss, einen mehr wissenschaftlichen und den physikalischen Gesetzen besser entsprechenden Ausdruck. Entsprechend dem Principe der Erhaltung der Flächen müsste diese Flüssigkeit eine Bewegung ausführen in einer der Bewegung des knöchernen Canals entgegengesetzten Richtung. Diese Bewegung der Flüssigkeit oder vielmehr diese Tendenz zur Bewegung während einer jeden Winkelbeschleunigung der Canäle, erzeugt nach Prof. Mach die Bewegungssensationen, welche den Schwindel (Purkinje's) und die Flourens'schen Phänomene hervorrufen.

Wie ich es schon weiter oben erwähnt habe, stellen Breuer und Crum Brown über die Functionen der Bogengänge Theorien auf, welche derjenigen Prof. Mach's, obwohl weniger vollständig als diese und weniger gut entwickelt, vollkommen entsprechen.

Es ist vorzugsweise die Arbeit Prof. Mach's, welche mich dazu gedrängt hat, meine Untersuchungen über die halbzirkelförmigen Canäle

wiederaufzunehmen. Trotz der Uebereinstimmung der Anschauungen der drei Autoren, deren Jeder auf völlig unabhängige Weise zu ebendenselben Schlüssen gelangt ist, muss ich gestehen, dass gleich bei ihrem ersten Bekanntwerden die Theorien der Herren Mach, Crum Brown und Breuer auf mich den Eindruck hervorbrachten, der nicht ganz befriedigend war.

Diese Theorien über die Functionen der Bogengänge litten in meinen Augen an dem fundamentalen Fehler, auf von anderen Experimentatoren überlieferten Beobachtungen aufgebaut zu sein, anstatt auf eigenen Untersuchungen dieser Autoren zu fussen.

Ausserdem scheinen mir mit diesen Theorien eine grosse Zahl von Beobachtungen im Widerspruch zu stehen, welche ich im Laufe meiner an diesen Canälen angestellten Experimente zu machen Gelegenheit gehabt hatte, und welche in meine erste Mittheilung nicht mit aufgenommen worden waren, weil ich sie nicht für geeignet hielt, hinreichend scharf formulirt zu werden.

In einer so heikelen und an mit einander im Widerspruch stehenden Beobachtungen so reichen Frage, wie es die die Functionen der Bogengänge betreffende ist, muss eine Theorie, welche, ohne auch nur den geringsten streitigen Punkt offen zu lassen, alle Erscheinungen zu erklären beansprucht, schon eo ipso einiges Misstrauen erwecken.

Eine Wiederaufnahme der Untersuchungen über diese Frage schien mir also nicht ohne Nutzen zu sein, und ich habe von diesem Gesichtspunkte aus zahlreiche Versuche unternommen, deren Resultate im weiteren Verlaufe dieser Arbeit auseinandergesetzt werden sollen*).

§ 11. Resumé der verschiedenen Theorien.

Bevor ich indessen zu dieser Auseinandersetzung übergehe, halte ich es für zweckmässig, die verschiedenen in den weiter oben besprochenen Arbeiten niedergelegten Ansichten über die Functionen der Bogengänge hier zusammenzustellen.

Flourens. — Diese Canäle sind Hemmungsorgane der Bewegungscoordination, welche ihrerseits eine Function des kleinen Gehirns ist.

Vulpian. — Die Bewegungsstörungen, welche nach der Durchschneidung der Canäle ausbrechen, sind durch einen Gehörsschwindel bedingt.

Löwenberg. — Diese Störungen sind reflectorischen Ursprungs und durch eine Erregung der Endigungen des Gehörnerven hervorgerufen.

Goltz. — Diese Canäle sind die Organe des Gleichgewichts und der Coordination der Bewegungen; ihre functionelle Thätigkeit wird wach-

*) Ich hatte anfangs einen meiner Schüler, Dr. Bornhardt, beauftragt, diese Arbeit in meinem physiologischen Laboratorium der St. Petersburger medicinischen Akademie wiederaufzunehmen; bald nahm ich dieselbe in meine eigene Hand und habe sie seitdem in den Laboratorien der Herren Prof. Ludwig in Leipzig und Claude Bernard in Paris, sowie in meinem Pariser Laboratorium fortgesetzt. Herr Bornhardt hat die ihm von mir angerathenen Untersuchungen seinerseits weiter verfolgt und, nach meiner Abreise aus St. Petersburg, veröffentlicht; das Verdienst, die Arbeit durchgeführt zu haben, sowie die Verantwortung für die von ihm publicirte Schrift gebühren daher einzig und allein ihm selbst.

gerufen durch Veränderung des von der Endolymphe während der Kopfbewegungen auf die Ampullen ausgeübten Druckes.

E. v. Cyon. — Die Functionen der halbzirkelförmigen Canäle bestehen darin, dass sie uns eine Reihe unbewusster Empfindungen über die von unserem Kopf im Raume eingenommene Stellung zukommen lassen; jeder Canal hat eine ganz genau bestimmte Beziehung zu einer der Raumdimensionen. Der Gleichgewichtsverlust und die übrigen Bewegungsstörungen sind lediglich eine Folge der durch die Canaldurchschneidung in jenen Sensationen herbeigeführten Störungen.

Mach, Crum Brown und Breuer. — Die Bogengänge sind die Organe der Sensationen der Bewegungsbeschleunigung oder die Organe des Rotationssinnes; diese Sensationen sind hervorgerufen durch die Tendenz der Endolymphe, während der Rotation des Kopfes eine Bewegung in der der Bewegung des membranösen Canales entgegengesetzten Richtung auszuführen. Der Schwindel Purkinje's beruht auf diesen Erregungen der halbzirkelförmigen Canäle*).

Indem Breuer in seiner zweiten Abhandlung meine im Obigen ausgesprochenen Ansichten wörtlich citirt, bemerkt er, dass dieselben von denen des Prof. Goltz sich nur wenig unterscheiden. Damit der wahre Sinn der verschiedenen Theorien mit der erforderlichen vollen Klarheit hervortrete und keineswegs etwa um mein persönliches Eigenthumsrecht geltend zu machen, muss ich gegen diese Behauptung Verwahrung einlegen. Da ich meine Arbeit nicht als eine vollkommen abgeschlossene ansah, habe ich mir in meinem ersten Memoire eine grosse Zurückhaltung bei Formulirung der Schlussfolgerungen auferlegen müssen. Aber selbst bei der ihnen dort gegebenen Fassung kann es nicht schwer fallen, den fundamentalen Unterschied zu erkennen, der zwischen ihnen und den Ansichten des Prof. Goltz besteht.

Dieser letztere Physiologe, welcher nur tiefe und zwar gleichzeitige Verletzungen von vier Canälen erzeugt hat, war vor Allem betroffen über die schweren Störungen der Bewegungen und des Gleichgewichts; hierdurch ist er zu dem Schlusse veranlasst worden, dass die Function der Bogengänge in Coordination der Bewegungen und Wahrung unseres Körpergleichgewichts bestehe.

Die Proff. Breuer und Mach glauben mit Unrecht, dass es Prof. Goltz sei, der zuerst zu dieser Schlussfolgerung gelangte: Flourens hat dieselbe schon vor 50 Jahren formulirt, und, wie wir weiter unten sehen werden, kommt seine Auffassungsweise der Betheiligung der Bogengänge an der Coordination der Bewegungen der Wahrheit näher, als diejenige des Prof. Goltz. — Was den Hauptwerth der Abhandlung des Prof. Goltz ausmacht, ist, dass er zuerst es versucht hat, eine wissenschaftliche Erklärung von dem Mechanismus zu geben, durch welchen diese Canäle ihre Function erfüllen. Die Hypothese über die der Endo-

*) Unter den übrigen Autoren, welche in letzter Zeit Untersuchungen über die Bogengänge veröffentlicht haben, müssen vor Allem Curschmann, Barthold und Bornhardt genannt werden. Alle drei haben eine grosse Zahl sehr mühsamer und häufig sehr origineller Versuche angestellt; aber sie haben sich dessen enthalten, aus denselben Schlussfolgerungen zu ziehen, die hinreichend präcise wären, um von uns hier einer Discussion unterzogen werden zu können.

lymphe bei diesem Mechanismus zufallende Rolle — und diese Hypothese ist von den Herren Mach, Crum Brown und Breuer zur Grundlage ihrer Erörterungen gemacht worden — bildet den originalen Theil der Goltz'schen Schrift.

Ganz anders fasste ich die Functionen der halbzirkelförmigen Canäle auf. Vor allem verwarf ich (und verwerfe ich bis jetzt) die Existenz besonderer centraler oder peripherer Organe, deren ausschliessliche Function in Coordination der Bewegungen bestände.

Schon in meinen Monographieen über den Veitstanz und über die Bewegungs-Ataxie habe ich mich gegen die Geneigtheit mancher Physiologen und vor allem der Aerzte, die Funktion der Coordination durchaus in einem speciellen Organe localisiren zu wollen, in der formellsten Weise ausgesprochen. Ich habe ein Resumé meiner Ansichten über die Coordination der Bewegungen in meinem Lehrbuch der Physiologie*) niedergelegt, welches (1873) gleichzeitig mit meiner Abhandlung über die halbzirkelförmigen Kanäle erschien. Auch dort, nachdem ich die verschiedenen Verfahren, durch welche man bei den Thieren die Störungen der Bewegungscoordination bewirken kann, einer sehr ausführlichen Discussion unterworfen, betone ich von Neuem, dass es völlig unzulässig ist, unsere Thätigkeit der Bewegungscoordination in irgend einem Theile unseres Nervensystems zu localisiren (S. 90—105). Ich war also sehr weit davon entfernt, aus dem nach Durchschneidung der Bogengänge eintretenden Verluste der Bewegungscoordination zu schliessen, dass diese Canäle Organe der Coordination wären.

Sobald ich dahin gelangt war, den verschiedenen Charakter der Bewegungen, die man nach Verletzung der verschiedenen Canäle beobachtet, scharf zu unterscheiden, richtete sich meine Aufmerksamkeit vor Allem auf die den drei Raumdimensionen entsprechende anatomische Anordnung der drei Canäle und auf diejenigen Beziehungen, welche zwischen dieser Anordnung und unseren Begriffen von diesen Dimensionen bestehen können. In meiner Mittheilung habe ich, nach Prof. v. Helmholtz' Vorgange, die Art und Weise analysirt, in welcher unser Urtheil über die in unserem Gesichtsfelde befindlichen Gegenstände Dank den unbewussten Empfindungen der Augapfelmuskeln wie der Kopfmuskeln zu Stande kommt. Dieser Gesichtspunkt war es, von dem aus ich die Bedeutung, welche unsere Vorstellungen über die Stellung unseres Kopfes im Raume für unser Körpergleichgewicht haben können, der Discussion unterwarf. Das oben erwähnte, die Erzeugung eines künstlichen Strabismus betreffende Experiment und die Beobachtung der dadurch bewirkten Störungen des Körpergewichts sind aus demselben Ideenkreise hervorgegangen. Hieraus erhellt also, dass selbst hinsichtlich des einzigen Punktes, in welchem unsere Ansichten sich begegneten, nämlich hinsichtlich der Rolle der Kopfstellung beim Aufrechterhalten des Körpergleichgewichts, diejenigen des Prof. Goltz von den meinigen im Grunde sehr verschieden waren.

Was die Hypothese anbetrifft, welche Prof. Goltz über die dem flüssigen Inhalte der häutigen Canäle bei deren Functionirung zufallende

*) Lehrbuch der Physiologie.. 2 Bde. Petersburg 1873. (Russisch.)

Rolle aufgestellt hat, so habe ich darauf verzichtet, sie in meiner Abhandlung zu besprechen. Ebenso verzichtete ich darauf sogar ein Jahr später, als ich eine russische Uebersetzung meiner Abhandlung veröffentlichte, obwohl in der Zwischenzeit die zum allergrössten Theil auf dieser Hypothese beruhenden Untersuchungen von Mach, Crum Brown und Breuer erschienen waren: dermaassen schien mir diese Hypothese mit den Versuchsresultaten in Widerspruch zu stehen!

Capitel II.

Unsere neuen Untersuchungen.

§ 12. Versuche über die Rolle der Endolymphe.

Indem ich jetzt zur Schilderung meiner Untersuchungen übergehe, werde ich dieselben nach der Reihenfolge der speciellen Fragen, mit welchen sie verknüpft sind, und nicht nach der chronologischen Reihenfolge, in der sie ausgeführt wurden, mittheilen.

Wir beginnen mit den Experimenten über die Rolle, welche die Bewegung der in den membranösen Canälen enthaltenen Endolymphe beim Functioniren dieser Canäle spielen kann.

Die verschiedenen Autoren fassen diese Rolle nicht in einer und derselben Weise auf. Herr Goltz setzt voraus, dass die beiden Ampullen mehr oder weniger stark angespannt sein müssen, je nach der Höhe der auf ihnen lastenden Flüssigkeitssäule. Diese Anschauungsweise ist keine vollständig zutreffende, da ja die häutigen Canäle selbst in eine Flüssigkeit getaucht sind, deren specifisches Gewicht demjenigen der sie erfüllenden Endolymphe fast gleichkommt. Unter diesen Verhältnissen müssten die auf die inneren und auf die äusseren Wandungsoberfläche ausgeübten Drucke sich gegenseitig das Gleichgewicht halten.

Prof. Mach, obwohl er die Richtigkeit dieses schon von Breuer erhobenen Einwandes einräumt und die Ansicht von Prof. Goltz keineswegs theilt, glaubt nichtsdestoweniger, dass die Wandungen der Ampullen einen intensiveren Druck in der Richtung des runden Fensters erleiden können, wenn die Perilymphe in der nämlichen Richtung sich bewegt. Es ist indessen einleuchtend, dass, selbst diese Möglichkeit zugegeben, man hieraus keinerlei brauchbaren Fingerzeig in Betreff der Functionen der Bogengänge entnehmen könnte, indem ja in solchem Falle der Druck immer in einer und derselben Richtung ausgeübt werden würde.

Die Herren Crum Brown und Breuer haben eine andere Erklärung für die Art und Weise, in welcher die Endolymphe in die Functionen dieser Canäle eingreift, in Vorschlag gebracht. Unglücklicherweise stehen ihre Erklärungen mit vollständig feststehenden physikalischen Gesetzen noch weniger im Einklange. Diese Autoren gehen von der Voraussetzung aus, dass die in jedem Bogengange enthaltene Flüssigkeit während der Kopfbewegungen in eine der des Canales selbst entgegengesetzte Bewegung geräth. Diese Annahme könnte eine gewisse

Anwendung finden, wenn es sich nicht um Canäle von capillärem Durchmesser handelte, in welchen jede Bewegung der Flüssigkeit durch den Widerstand der Wandungen und durch die Reibung der Flüssigkeitsschichten unter einander vernichtet würde. Diese letztere Widerstandsquelle müsste um so beträchtlicher ins Gewicht fallen, als wir es mit einer sehr zähen Flüssigkeit zu thun haben. Dieses Dilemma ist dem Scharfsinne Prof. Mach's nicht entgangen. Er nimmt also, um die erregende Einwirkung der Endolymphe auf die in den Ampullen sich ausbreitenden Nervenendigungen zu erklären, zu einer anderen Hypothese seine Zuflucht: er räumt ein, dass diese Endigungen nur durch den momentanen Druck erregt werden, welchen die Flüssigkeit auf die Canalwandungen in einer zu der Bewegung des Canals entgegengesetzten Richtung ausübt. Aber Prof. Mach's Hypothese ist ebenso unzulässig vom physiologischen Gesichtspunkte, als es die Breuer's vom physikalischen ist, und zwar aus folgendem Grunde:

Die Theorie der Functionen der halbzirkelförmigen Canäle, wie sie von diesen Autoren in Vorschlag gebracht worden ist, verlangt eine recht namhafte Dauer der durch die Bewegung der Flüssigkeit erzeugten Sensation. Diese Dauer könnte allenfalls in einer wirklichen Bewegung der Flüssigkeit ihre Erklärung finden. Wie aber könnte man eine solche Dauer zulassen, wenn die Erregung der Nervenendigungen nur durch einen momentanen blos zu Anfang der Canalbewegung sich einstellenden Druck bewirkt würde? Unsere physiologischen Begriffe von der Beziehung zwischen der Dauer der Erregung und derjenigen der Empfindung widerstreben einer solchen Anschauungsweise. Prof. Mach versucht diese Schwierigkeit mit Hülfe verschiedener anderer Annahmen, welche selbst sehr wenig zulässig sind, zu umgehen, aber trotz aller seiner hierauf verwandten Anstrengungen besteht jene Schwierigkeit unverringert fort.

Und so befinden sich denn sämmtliche der Goltz'schen Hypothese über die Rolle der Endolymphe in jüngster Zeit zu Theil gewordenen Berichtigungen im Widerspruche, die einen mit den Gesetzen der Hydrodynamik, die anderen mit den psychophysischen Gesetzen. Wir hätten gegen diese Hypothese noch andere rein theoretische Einwendungen anführen können, welche zum Theil aus der Lagerung der Ampullen während der Kopfbewegungen, zum Theil aus einigen während des Experimentirens an den Canälen gemachten Beobachtungen sich herleiten lassen würden. Auch haben alle diejenigen unter den Autoren, welche wirklich eine grosse Anzahl von Experimenten an diesen Canälen vorgenommen haben, wie Curschmann, Barthold, Bornhardt u. A., sich stets geweigert, die Goltz'sche Hypothese anzuerkennen.

Nichtsdestoweniger habe ich für nöthig erachtet, einige Versuche zu dem speciellen Zwecke zu veranstalten, diese Hypothese auf ihren reellen Werth zu prüfen. In Anbetracht der Unmöglichkeit, den im Innern der membranösen Canäle bestehenden Druck in directer Weise Veränderungen zu unterwerfen, ohne dabei Gefahr zu laufen, die Wandungen der Canäle zu verletzen, habe ich mich darauf beschränken müssen, diesen Druck auf indirectem Wege zu modificiren. Es leuchtet ein, dass, wenn die geringste Aenderung des inneren Druckes zur Hervorrufung der Flourens'schen Phänomene hinreichte, wir diese Phänomene

jedesmal beobachten mussten, so oft wir den äusseren Druck auf die Canalwandungen steigern oder vermindern. Jeder äussere Druck auf die Wandungen der membranösen Canäle muss an der entsprechenden Stelle einen Theil der Endolymphe verdrängen und folglich jene „Tendenz zur Bewegung" erzeugen, welche nach Prof. Mach die Nervenendigungen erregen soll.

Das einfachste Mittel, eine solche Druckveränderung zu erzielen, besteht darin, dass man mit Vorsicht die knöchernen Canäle an verschiedenen Stellen und in recht beträchtlicher Ausdehnung eröffnet; die Perilymphe wird in solchem Falle mit grosser Leichtigkeit auslaufen und Luft an ihre Stelle treten.

Mit Hülfe eines kleinen Schwammes oder eines Stückes Fliesspapiers kann man dieses Auslaufen beschleunigen. Es ist einleuchtend, dass ein solches Ausfliessen, welches nicht immer in gleichförmiger Weise vor sich geht, den inneren Druck in den häutigen Canälen, deren Wandungen so zart und so leicht ausdehnbar sind, ändern muss. Nun, dieser von mir unzählige Male wiederholte Versuch hat mir immer dasselbe Resultat ergeben: kein einziges der Flourens'schen Phänomene stellt sich unmittelbar nach dem Auslaufen der Perilymphe ein. Erst einige Tage später, wenn die umgebenden Theile sich zu entzünden beginnen und wenn das Blut oder der Eiter in die offen gelassenen Canäle eindringt, können einige Locomotionsstörungen beobachtet werden. Aber es ist leicht, selbst diesen Zufällen vorzubeugen, indem man Sorge dafür trägt, dass das Auslaufen nur aus zwei kleinen Oeffnungen des knöchernen Canales erfolge, welche man nachträglich mit ein wenig Leim wieder verschliesst.

Ein anderer von mir angestellter Versuch ist noch beweiskräftiger. Anstatt die knöchernen Canäle selbst zu eröffnen, entfernte ich mit Hülfe einer kleinen sehr feinen Zange mit vieler Vorsicht die knöcherne Lamelle, welche den Vorhof in dem äusseren und unteren, durch die Kreuzung des wagerechten und des hinteren senkrechten Canales gebildeten Winkel bedeckt, wonach ich mit einer Stecknadel den Utriculus oder den Sacculus eröffnete. Die Peri- wie die Endolymphe fliessen dann reichlich aus, und wenn man hierauf eine kleine Oeffnung im knöchernen Canale anbringt, ist es leicht, sich von der eingetretenen Schrumpfung und Abflachung des membranösen Canales zu überzeugen. In diesem Falle erfährt das System der membranösen Canäle, dessen innerer Druck bedeutend abgenommen hat, eine relativ recht beträchtliche Verengerung. Wenn die Hypothesen der Proff. Goltz und Mach gegründet wären, müssten die Flourens'schen Phänomene bei diesem Experimente mit äusserster Heftigkeit sich kundgeben: es ist aber kein einziges dieser Phänomene eingetreten.

In anderen Versuchen liess ich die Perilymphe durch einige im knöchernen Canale angebrachte Oeffnungen ausrinnen und ersetzte sie durch eine beim Erkalten erstarrende Flüssigkeit. Zu diesen Einspritzungen wählte ich eine lauwarme Gelatinelösung. Die Schwierigkeit, durch eine Oeffnung Einspritzungen in einen knöchernen Canal zu bewerkstelligen, ist eine ziemlich grosse, da die Flüssigkeit zwischen dem freien Ende der Injectionscanüle und den Rändern der Oeffnung

ausläuft und nur zum Theil in's Innere des Canals gelangt. Andererseits musste darauf verzichtet werden, allzuwarme Lösungen zu verwenden, in Anbetracht der grossen Empfindlichkeit der membranösen Canäle gegen hohe Temperaturen; oft nöthigt dieser Umstand wegen eingetretener Gerinnung der erkalteten Gelatine die Einspritzung zu unterbrechen.

Trotz dieser Schwierigkeiten ist es mir in mehreren Experimenten gelungen, Injectionen auszuführen, die hinreichend vollständig waren, um die membranösen Canäle in einen starren Abguss einzubetten. Diese Immobilisirung der Canäle erzeugte an sich kein einziges der Flourens'schen Phänomene. Dagegen genügte es den häutigen Canal zu stechen, um sofort die charakteristische Kopfbewegung hervorzurufen. Die Durchschneidung der immobilisirten membranösen Canäle liess alle die von uns weiter oben beschriebenen Gleichgewichts- und Locomotionsstörungen zum Ausbruch kommen.

Man kann doch nicht zugeben, dass unter diesen Verhältnissen irgend eine Aenderung des inneren Druckes in den häutigen Canälen eintreten könnte; denn jeder Druckwechsel ist unmöglich ohne eine — wenn auch noch so geringe — Dilatation der Canalwandungen; nun aber machte die die Canäle einhüllende starre Scheide jede Erweiterung derselben unmöglich.

In noch anderen Versuchen führte ich in den knöchernen Canal sehr feine Laminariastängelchen ein, mit der nöthigen Vorsicht vor Verletzung der häutigen Canäle. Die Imbibition und Quellung dieser Stängelchen comprimirt in recht beträchtlicher Weise die membranösen Canäle; aber, da diese Compression sich sehr langsam vollzieht, gelangt während der ersten Tage nach dem Experiment keines der Flourens'schen Phänomene zur Beobachtung. Es genügt dagegen eine Durchschneidung der in solcher Weise comprimirten häutigen Canäle, um augenblicklich diese Phänomene hervorzurufen.

Alle diese Experimente erheben es in meinen Augen über jeden Zweifel, dass die Goltz'sche Hypothese, selbst in der ihr von Prof. Mach gegebenen Form, unhaltbar ist.

Zum Schlusse wollen wir noch auf eine Thatsache aufmerksam machen, welche die von Prof. Goltz dem flüssigen Inhalte der Canäle zugeschriebene Rolle schon a priori sehr unwahrscheinlich macht: wenn man an einem der knöchernen Canäle eine kleine Oeffnung anbringt, ohne der Perilymphe das Auslaufen zu gestatten, kann man unter gewissen Beleuchtungsbedingungen ein Pulsiren dieser Flüssigkeit beobachten, welches mit dem Pulsiren des Herzens synchronisch ist. Diese Pulsationen können aus zwei Quellen herrühren; 1. von einer kleinen Arterie, welche längs des membranösen Canals verläuft; in diesem Falle sind sie identischen Ursprungs mit den Pulsationen des Gehirns, welche man nach Eröffnung der Schädelkapsel beobachtet, und 2. direct von den Hirnpulsationen, da ja die Proff. Schwalbe und F. E. Weber nachgewiesen haben, dass die Flüssigkeit des Systems der halbzirkelförmigen Canäle vermittelst eines kleinen Verbindungsganges mit der Flüssigkeit der Arachnoidealhöhle communicirt. Wenn nun die Membran des runden Fensters hinreichend nachgiebig ist, um so beträchtliche Verdrängungen der Endolymphe zuzulassen, dass daraus Nervenerregungen

entstehen können, so könnte sie offenbar ebensowenig verhindern, dass dieselben Pulsationen selbst dann zu Stande kämen, wenn der knöcherne Canal verschlossen bleibt. Lassen wir also Prof. Mach's Hypothese zu, so müssten wir rhythmische Erregungen der in den Ampullen sich vertheilenden Nervenendigungen haben.

Aus allem Vorhergehenden ergiebt sich natürlich keineswegs, dass die Gegenwart der Endolymphe zur Ausübung der Function der Bogengänge nicht nothwendig wäre; die soeben angeführten Experimente beweisen, dass man nicht in dem wechselnden Drucke dieser Flüssigkeit die Quelle der Erregung der halbzirkelförmigen Canäle zu suchen hat.

§ 13. Durchschneidung der Gehörnerven.

Nach Beweisen für oder gegen diese Theorien der Proff. Mach, Crum Brown und Breuer suchend, musste ich mir die Frage vorlegen, inwiefern diese Autoren berechtigt wären, den halbzirkelförmigen Canälen die von Purkinje beschriebenen Schwindelphänomene zuzuschreiben. Das Experiment gestattet es uns, diese Frage categorisch zu beantworten.

Unter den zahlreichen von Prof. Mach angestellten Versuchen befinden sich mehrere an Kaninchen ausgeführte, bei welchen er diese Thiere der passiven Rotation auf einer Drehscheibe unterwarf. Diese Rotation erzeugt bei den Kaninchen einen Schwindel, welcher sich folgendermassen zu erkennen giebt: sobald das passive Rotiren unterbrochen worden ist und die Kaninchen frei gelassen werden, führen sie noch mehrere unwillkürliche Umdrehungen um ihre longitudinale Körperaxe aus, oder einige Manegebewegungen. Mit Recht hat Prof. Mach diese Schwindelsymptome mit denen von Purkinje geschilderten verglichen. Aber indem er diese Phänomene mit den durch die Körperrotation in den Bogengängen hervorgerufenen Störungen in Verbindung bringen will, macht er den Vorschlag, den Beweis für die Richtigkeit einer solchen Auffassung in folgendem Experiment zu suchen.

„Ein wichtiges Experiment", sagt er (l. c. S. 126), „würde darin bestehen, ein Thier, dessen Hörnerv durchschnitten wäre, in rotirende Bewegung zu versetzen. Solche Thiere müssen vom Rotationsschwindel frei bleiben . . . . Breuer versichert, dass er in der That diesen Schwindel bei den Tauben, deren Canäle zerstört waren, nicht hat beobachten können".

Diese letztere Behauptung Breuer's ist mehr als gewagt. Wie wir weiter unten sehen werden, sind die Bewegungsstörungen bei den in solcher Weise operirten Tauben so intensiv, dass es durchaus unmöglich ist, an ihnen noch Beobachtungen über den Schwindel anzustellen. Nur indem man die beiden Gehörnerven durchschneidet, lässt diese Frage sich erledigen. Aus leicht verständlichen Gründen verdienen bei derartigen Versuchen die Kaninchen den Vorzug vor den Tauben. Aber selbst am Kaninchen gehört die isolirte Durchschneidung der Gehörnerven keineswegs zu den leicht ausführbaren Operationen.

Wir haben, um diese Durchschneidung zu bewerkstelligen, drei verschiedene Methoden in Anwendung gezogen:

Die erste bestand in, mittels des in meiner Methodik beschriebenen

Verfahrens, ausgeführter Eröffnung der cylindrischen Höhle, welche sich beim Kaninchen im Zitzenfortsatze befindet und den als Flocculus bezeichneten Theil des Kleinhirns enthält. Hierauf führte ich unterhalb des Flocculus ein kleines schneidendes Instrument ein, dessen Klinge fast unter einem rechten Winkel gekrümmt und nur am freien Ende scharf war. Dieses Endstück war etwas breiter als die übrige Klinge und konnte den Hörnerv mit einem einzigen Zuge durchschneiden, wozu es nur eines kräftigen Druckes bedurfte. Die Einführung der Klinge geschah, indem man diese auf dem Boden des in Rede stehenden Hohlraums fortgleiten liess, bis ihre Spitze dessen inneren Rand berührte. Alsdann hat man die Spitze nur zu senken, um, unter gleichzeitigem Andrücken derselben gegen die Schädelbasis, den Hörnerv genau dort, wo er in den Fallopischen Canal eintritt, zu durchschneiden. Es ist von Nutzen, während der Operation einen von oben eröffneten Kaninchenschädel vor sich zu haben, um den Nervus facialis, welcher an der bezeichneten Stelle dem Nervus acusticus sehr nahe anliegt, mit grösserer Sicherheit zu vermeiden.

Beim zweiten Verfahren macht man zwei kleine Oeffnungen im Hinterhauptbein, zu beiden Seiten der hinteren vom Atlas zum Hinterhaupt streichenden Bänder. Durch diese Oeffnungen entdeckt man mit Leichtigkeit die letzten Paare der Hirnnerven; durch sie geleitet, gelangt man zu den beiden Gehörnerven. Bei diesem Verfahren sieht man die Nerven, bevor man zu ihrer Durchschneidung schreitet. Wenn man nach öfterer Anwendung dieses Verfahrens dahin gelangt ist, in der betreffenden Region sich gut zurecht zu finden, kann man das dritte Operationsverfahren wählen, welches der Mühe überhebt den Schädel zu trepaniren. Es erfordert nur die Entfernung eines Theiles der soeben erwähnten Ligamente. Bei Benutzung eines Messers in der Art desjenigen, welches Claude Bernard für die Durchschneidung der Schädelnerven angegeben hat, kann man den Hörnerven erreichen, indem man längs der Schädelbasis vordringt und sich davor hütet, die übrigen Nerven zu verletzen.

Dieses letztere Verfahren war es, dem ich den Vorzug gab, so oft ich nicht genöthigt war, behufs gleichzeitiger Operation an den Canälen, die schon bezeichnete cylindrische Höhle zu eröffnen. Die Ergebnisse dieser Durchschneidung sind weiter unten beschrieben; hier genüge es anzugeben, dass die Kaninchen, auch wenn ihre beiden Hörnerven durchschnitten worden sind, jedesmal, nachdem man sie den Rotationen auf einer Centrifugalscheibe unterworfen hat, eben dieselben Schwindelsymptome, welche Prof. Mach am gesunden Kaninchen beobachtete, wahrnehmen lassen. Das ganze System von Erörterungen, durch welches die Herren Mach und Crum Brown dazu gelangt sind, in dieser Beobachtung einen Beweis dafür zu erblicken, dass die Bogengänge die Aufgabe haben, jede Kopfrotation durch eine specifische Rotationssensation anzuzeigen, welche ihrerseits dazu bestimmt wäre, compensirende Bewegungen hervorzurufen, dieses ganze System, sage ich, wird durch die Thatsache*) umgeworfen, dass eben dieselben Bewegungen auch dann

*) Diese Thatsache, welche ich bereits in einer der Pariser Akademie der Wissenschaften mitgetheilten Abhandlung verzeichnet habe, ist seitdem von Prof. Hermann

sich einstellen, wenn jede Verbindung zwischen diesen Canälen und dem Gehirne abgeschnitten ist. Die Purkinje'schen Phänomene hängen also nicht von den halbzirkelförmigen Canälen ab; die Erklärung, die dieser Physiologe von denselben gegeben hat, indem er sie den im Gehirne selbst, durch die Kopfrotation erzeugten Störungen zuschrieb, ist also die einzig und allein zulässige. Vielleicht sind diese Störungen nur eine Folge der Circulationsanomalien in den von der Rotationsaxe am meisten entfernten intracraniellen Gefässen. Aus dem, was man an den Derwischen und an den amerikanischen Shakers beobachtet hat, sowie an gewissen russischen religiösen Sekten, welche die Rotationsbewegungen mit grosser Lebhaftigkeit stundenlang und selbst während ganzer Tage fortsetzen, geht hervor, dass die grössten psychischen Alterationen, wie Hallucinationen, Visionen, vollständiger Schwund des Bewusstseins u. s. w. die Folge dieser stürmischen Bewegungen sein können. Es ist also das Gehirn selbst, an welchem in erster Linie die Wirkung dieser Bewegungen sich geltend macht.

Ich könnte hier des Längeren die Hypothese besprechen, welcher zu Folge die Bogengänge die Organe eines Rotationssinnes oder der Beschleunigungsempfindungen wären, und neue Beweise gegen diese Anschauungsweise vorbringen.

Doch glaube ich, dass die geschilderten Experimente diese Hypothese schon hinreichend entkräftet haben. Nur noch einige Worte, um besser hervortreten zu lassen, wie unwahrscheinlich die Theorie der Herren Mach, Crum Brown und Anderer schon a priori erscheinen musste. Wie sollte man zugeben, dass die halbzirkelförmigen Canäle dazu dienen, uns von der Rotation des Kopfes Kenntniss zu geben, wenn wir dieselben Organe vollständig gut entwickelt bei Thieren antreffen, die, wie z. B. Frösche oder Fische, einen fast unbeweglichen Kopf besitzen, und welche übrigens in der Regel ebensowenig wie die übrigen Thiere Rotationsbewegungen ausführen.

Weshalb wäre denn ein Sinnesorgan gerade für eine solche Bewegung erforderlich, welche zu den sehr ungewöhnlichen gehört, und nicht für viele andere, für Bewegungen, welche von den Thieren beständig ausgeführt werden?

Und steht es denn übrigens ganz zweifellos fest, dass wir nur die Beschleunigung der Bewegung und nicht die Geschwindigkeit selbst empfinden? Es hält nicht schwer, sich vom Gegentheil zu überzeugen: so z. B. ist es mir, wenn ich mich in einem dahinbrausenden Eisenbahnzuge befinde, bei geschlossenen Augen durchaus unmöglich, dessen Richtung zu bestimmen, mag nun derselbe seine Geschwindigkeit wechseln oder aber mit constanter Geschwindigkeit sich fortbewegen. Dieselbe Unmöglichkeit, wenn ich mit grosser Schnelligkeit emporsteige oder mich abwärts bewege. Dagegen können wir vermöge der uns durch Waggonstösse etc. mitgetheilten Erschütterungen recht wohl in approximativer Weise die Schnelligkeit eines Zuges bestimmen, selbst wenn diese eine constante ist. Natürlich werden diese Erschütterungen, wenn die

gelegentlich seines Referates über jene Abhandlung bestätigt worden (Bericht über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie, 1876).

Schnelligkeit wechselt, unregelmässiger werden, und wir empfinden in diesem Falle die Beschleunigung oder die Verlangsamung.

Alle die Beweise, die Prof. Mach selbst zu Gunsten der Meinung anführt, dass die Nerven unserer Gelenke, unserer Muskeln, der Haut, der Tegumente etc. an der Bewegungssensation theilnehmen, haben trotz seiner Einwürfe eine ungleich bessere Begründung als die Hypothese, welche diese Sensationen in den Bogengängen localisirt.

Wir müssen gestehen, dass es uns vollständig unmöglich ist zu begreifen, wie man die von unserem Gesammtkörper herrührenden bewussten Empfindungen in einem kleinen, im Schädel belegenen Organe localisiren kann, welches selbst ja keinerlei bewusste Empfindung uns zukommen lässt. Ich halte eine solche Localisirung für ebenso unzulässig und ebenso irrationell als jene andere Theorie, welche in ebendieselben Canäle den Sitz der Muskelsensibilität verlegen will.

Es genügt übrigens, sich während unserer gewöhnlichen Bewegungen ein wenig zu beobachten, um sich davon zu überzeugen, wie sehr verschieden die Ursachen sind, die auf unsere Beurtheilung der Schnelligkeit der Bewegungen bestimmend einwirken. So z. B. hat man, wenn man ein Pferd reitet, welches einen sehr langen Trab geht und mithin grosse aber seltene Schritte macht, die Empfindung einer sehr langsamen Bewegung; während ein Pferd, dessen Schritte häufigere aber kürzere sind, uns die Empfindung einer raschen Bewegung ertheilt, obgleich im Grunde das erste Pferd uns sehr viel schneller weiter befördert. Hier beurtheilen wir die Geschwindigkeit nach der Anzahl der Erschütterungen, welche jeder Schritt unseren Gelenken, unseren Muskeln u. s. f. mittheilt.

Für mich ist, wenn ich englisch trabe, die Empfindung der Langsamkeit, im ersten Falle, selbst bei den schnellsten Pferden, oft eine dermaassen lästige, dass ich darauf verzichten muss, diese Thiere zu reiten. Bekanntlich führen wir beim Traben à l'anglaise willkürliche Muskelcontractionen aus; die Muskelsensibilität spielt also dabei eine wichtigere Rolle als während der passiven Bewegungen.

Befinden wir uns in einem Eisenbahnzuge, welcher mit einer Geschwindigkeit von 20—30 Kilometern sich fortbewegt, so haben wir dabei eine recht unangenehme Empfindung langsamer Bewegung. In einem Wagen oder Schlitten, in welchen wir mit der Geschwindigkeit von 20 Kilometern in der Stunde befördert werden, empfinden wir im Gegentheil die Sensationen schneller Fortbewegung. Hier rühren unsere Empfindungen von einem oft unbewussten Vernunftschluss her, welcher uns sagt, dass wir im ersten Falle noch weit davon entfernt sind, das Maximum der möglichen Geschwindigkeit erreicht zu haben, während im zweiten die Pferde das Maximum der Anstrengung leisten.

Aus denselben Gründen ziehe ich es z. B. vor, die Schweizer Seen in Ruder- oder Segelböten zu befahren, nicht aber in Dampfböten, da die Sensation der Langsamkeit auf diesen letzteren mir allzu unerträglich ist. Es würde nicht schwer fallen, noch andere Beispiele aufzufinden, aus denen sich ersehen liesse, dass die durch die Bewegung hervorgerufenen Empfindungen noch andere Eigenthümlichkeiten und andere Ursachen haben können. So z. B. erzeugt das rasche Hinabfahren von

den russischen Eisbergen durchaus keine Beschleunigungsempfindung, wohl aber ein Gefühl durch den ganzen Körper verbreiteter Leichtigkeit, verbunden mit einem leichten, sehr angenehmen Benommensein. Diese Sensationen rühren zum grossen Theil von der Abnahme des Druckes her, welchen die oberen Körpertheile auf die unteren ausüben und vor Allem von der Verringerung des vom Gehirn auf die Schädelbasis ausgeübten Druckes.

§ 14. Neue Experimente über die Bogengänge der Tauben.

Schreiten wir jetzt zu der Schilderung derjenigen unter unseren Experimenten, die von mehr positiver Tragweite sind.

Wir glauben bereits hinreichend hervorgehoben zu haben, dass unserem Dafürhalten nach das in den Flourens'schen Phänomenen dominirende Factum in der Verschiedenartigkeit der Bewegungen besteht, welche nach der Durchschneidung der Bogengänge eintreten. Diese Verschiedenartigkeit ist eine so bedeutungsvolle, dass, ohne sie, alle diese Phänomene sich auf eine einfache, durch die Verletzung dieser Canäle herbeigeführte Reflexerregung reduciren und keinerlei functionelles Interesse darbieten würden. Daher war Löwenberg, welcher wie Prof. Goltz, nur die allgemeinen, nach der Verletzung der Canäle auftretenStörungen beobachtet hat, wohl berechtigt, in diesen letzteren nur die Wirkung einer lebhaften reflectorischen Erregung zu erblicken.

In Anbetracht der Wichtigkeit dieser Verschiedenartigkeit der Bewegungen war es vor Allem nothwendig, meine ersten Untersuchungen durch die Analyse der nach Durchschneidung des oberen senkrechten Canals sich einstellenden Bewegungen zu ergänzen. Nach einigen Versuchen ist es mir gelungen, meine Operationen an diesem Canale mit derselben Sicherheit und Präcision wie an den beiden anderen auszuführen.

Sobald man diesen senkrechten Canal auf einer Seite durchschneidet, führt die Taube eine oder zwei Kopfbewegungen aus, die von hinten nach vorn und von rechts nach links gerichtet sind, oder vice versa; diese Bewegungen erinnern an die pendelnden Kopfbewegungen einherschreitender Tauben, nur erfolgen dieselben nicht in der geraden Richtung von hinten nach vorn, sondern in einer diagonalen Ebene. Die Durchschneidung des correspondirenden Canals der anderen Seite ruft dieselbe Kopfbewegung hervor, jedoch in viel heftigerer und anhaltenderer Weise. Der Gleichgewichtsmangel beim Gehen ist sogar viel ausgesprochener, als nach der Durchtrennung der beiden anderen Canäle. Der Körper schwingt, wie nach der Durchtrennung der hinteren senkrechten Canäle, um seine transversale Axe; aber anstatt Purzelbäume um den Schwanz zu schlagen, schlägt er sie um den Kopf. Die Bewegungsstörungen sind im Allgemeinen viel heftigere und verlieren sich nur sehr allmälig. Hinsichtlich alles Uebrigen ist der weitere Verlauf dieser Phänomene fast identisch mit dem nach Durchschneidung der beiden anderen Canäle beobachteten.

Somit tragen also die nach Durchschneidung des dritten Canalpaares eintretenden unwillkürlichen Bewegungen einen von dem der anderen Bogengänge durchaus verschiedenen Character an sich. Wenn wir

den Character derjenigen Kopfbewegungen bestimmen wollen, welche bei der Taube am ausgesprochendsten zur Beobachtung gelangen, so werden wir sagen, dass die Durchschneidung je zweier symmetrischer Bogengänge pendelnde Kopfbewegungen in der Ebene der operirten Canäle hervorruft. Dieses Gesetz ist ein absolutes und gestattet keinerlei Ausnahmen*).

Die Bewegungen des Gesammtkörpers halten dieselbe Richtung ein, aber ihre Analyse ist ein wenig schwieriger. Wir haben weiter oben gesehen, dass nach Durchschneidung der beiden wagerechten Canäle die Taube um ihre senkrechte Körperaxe sich dreht, sei es, dass sie auf derselben Stelle verharre, sei es, dass sie Manègebewegungen ausführe; die Bewegungen gehen mithin in einer horizontalen Ebene vor sich.

Nach der Durchschneidung der hinteren senkrechten Canäle führt der Gesammtkörper Purzelbäume um den Schwanz aus. Analysirt man diese Purzelbäume recht genau, so überzeugt man sich leicht, dass sie in folgender Weise hervorgerufen werden. Der Körper der Taube wird von unten nach oben geschnellt, wobei er in eine fast senkrechte Stellung geräth und gewissermaassen auf den Schwanz zu sitzen kommt; da aber zu gleicher Zeit die von unten nach oben erfolgenden Kopfbewegungen fortdauern, wird der ganze Körper nach hinten mit umgerissen und meist vollendet die Taube den Purzelbaum und fällt auf den Rücken. Wie man sieht, vollzieht sich die Hauptbewegung des Körpers in einer senkrechten, zum hinteren senkrechten Bogengange parallelen Ebene.

Was die Folgen der Durchschneidung des oberen (oder vorderen) verticalen Canals anbetrifft, so haben wir bereits gesehen, dass dieselbe diagonale Kopfbewegungen bewirkt, welche von hinten und rechts nach vorn und links gerichtet sind, oder vice versa. Der Körper hat die Neigung nach vorn umzufallen; aber durch die heftigen Pendelbewegungen des Kopfes mit fortgerissen, schiesst er über das Ziel hinaus und schlägt häufig einen Purzelbaum um den Kopf. Im Allgemeinen wird die Bewegung in einer Ebene ausgeführt, welche zu der Richtung der oberen verticalen Canäle parallel verläuft.

§ 15. Zerstörung aller sechs Bogengänge.

Nachdem dieses einmal festgestellt war, habe ich die Wirkung einer Durchschneidung aller sechs halbzirkelförmigen Canäle kennen lernen wollen. Auch diese Operation kann fast ohne Blutverlust und ohne die geringste Verletzung der Nachbartheile zu veranlassen ausgeführt werden.

Zu wiederholten Malen habe ich sogar durch kleine in den knöchernen Canälen angebrachte Oeffnungen alle sechs membranösen Canäle sammt ihren Ampullen entfernen können.

Die Wirkung einer solchen Durchschneidung der Bogengänge ist eine über alle Beschreibung stürmische: es ist unmöglich, eine Vorstellung von der des Thieres sich bemächtigenden unaufhörlichen Be-

*) Wohlverstanden sind wir weit davon entfernt, uns der irrigen Meinung anzuschliessen, der zu Folge die Durchtrennung der Canäle deren Lähmung nach sich ziehen müsse. Wir kommen noch weiter unten auf diese Frage zurück und wollen einstweilen nur bemerken, dass für uns die unmittelbare Wirkung der Durchschneidung in einer Erregung der Canäle besteht.

wegung zu geben; die Taube vermag sich jetzt weder aufrecht zu erhalten, noch liegen zu bleiben, noch zu fliegen, noch überhaupt irgend eine combinirte Bewegung auszuführen, noch auch, und wäre es nur für einen Augenblick, eine ihr gegebene Stellung zu bewahren. Alle Muskeln ihres Körpers contrahiren sich gewaltsam, sie führt die heftigsten Purzelbäume bald nach vorn, bald nach hinten aus, sie rollt um ihre Längsaxe, macht Sprünge in die Luft und fällt zu Boden, um von Neuem in dieselben Bewegungen zu verfallen. Hielte man sie nicht zurück, so würde sie sehr bald am ersten besten Gegenstande sich den Kopf zerschmettern. Um sie in Ruhe zu erhalten, bedarf es eines relativ beträchtlichen Kraftaufwandes.

Um die Tauben nach dieser Operation zu conserviren, hüllte ich sie in Servietten derart ein, dass selbst die pendelnden Kopfbewegungen weder fortdauern, noch sich erneuern konnten. Auf solche Weise immobilisirt, legte ich sie in einer Hängematte nieder, welche speciell zur Aufnahme von mit Läsionen der Bogengänge behafteten Tauben bestimmt war. Trotz dieser Vorsichtsmassregeln ist es mir wiederholt begegnet, die Tauben in irgend einer Ecke des Laboratoriums todt anzutreffen. Die Section ergab reichliche, von den Stössen des Kopfes gegen den Fussboden herrührende Blutergüsse unter den Hirnhäuten. Die Heftigkeit der Muskelcontractionen war eine so ausserordentliche gewesen, dass die Tauben, obwohl sie in eine Serviette eingewickelt waren, sich dennoch hatten aus der Hängematte auf den Fussboden stürzen und hier umherrollen können, bis die tödtlichen Hirnverletzungen ihren Leiden ein Ende machten.

Eine solche Vehemenz der Bewegungen hält nur während der ersten drei oder vier Tage nach der Operation an. Nach Verlauf dieser Zeit kann man die Taube ohne alle Gefahr von ihren Bandagen befreien und in ihrer Hängematte frei sich selbst überlassen. Die Unmöglichkeit, sich aufrecht zu erhalten oder zu gehen, dauert fort, aber die durch jeden Versuch einer Ortsveränderung erzeugten Convulsionen sind um Vieles weniger heftig; es gelingt dem Thier sich ohne fremde Hülfe zu beruhigen. Während dieses Zustandes, dessen Dauer 5—10 Tage beträgt, erlernt die Taube es, nach einigen fruchtlosen Versuchen, in einer beabsichtigten Stellung ruhig zu verharren. Bedient sie sich dreier Unterstützungspunkte, so vermag sie sogar zu stehen. Die unwillkürlichen Bewegungon kehren noch jedesmal wieder, so oft sie ihre Stellung ändern will, aber es gelingt ihr schon sehr viel leichter, ihrer Herr zu werden.

Hat die Taube sich bis zu diesem Grade erholt, so lasse ich sie auf der Diele umherspazieren; besonders während dieses Zustandes ist es interessand, sie zu beobachten: der durch sie hervorgebrachte allgemeine Eindruck ist derjenige eines Thieres, welches sich zu bewegen, zu stehen u. s. w. erst zu erlernen anfängt.

Während dieses Erlernens bedarf die Taube der Mitwirkung ihrer übrigen Sinnesorgane, zumal des Sehorgans. Bedeckung der Augen vermittelst einer kleinen ihr über den Kopf gezogenen Capuze genügt, um sie augenblicklich alle noch so unreifen Erziehungsfrüchte einbüssen zu

lassen: sie verfällt wieder in den Zustand, in welchem sie sich einige Tage nach der Operation befand.

Erst innerhalb des Zeitraums einiger Monate kehrt die Taube zu einem so ziemlich normalen Zustande zurück. Sie kann dann wieder gehen und stehen, die Fähigkeit zu fliegen aber hat sie vollständig und ein für alle Mal eingebüsst. Auch behalten alle ihre Bewegungen ein gewisses Gepräge der Ungewissheit, eines Mangels an Sicherheitsgefühl. Ihr Gang ist ein langsamer; bei jedem Schritte scheint sie den Boden zu betasten. Am liebsten hält sie sich regungslos in irgend einer dunklen Ecke auf, und nur schwer entschliesst sie sich, ihren Platz zu wechseln: man sollte meinen, sie traue nicht recht den eigenen Kräften. Es bedarf übrigens nur einer geringen ihr ertheilten Erschütterung, um unmittelbar einen Anfall unwillkürlicher Bewegungen ausbrechen zu sehen, dessen sie sich nur mit grösseren oder geringeren Anstrengungen erwehrt. Durch jene Erschütterung zur Flucht oder doch zu einem sofortigen Ortswechsel genöthigt, findet sie nicht Zeit, überlegte Bewegungen zu bewerkstelligen; daher jener Ausbruch uncoordinirter unwillkürlicher Bewegungen.

Alle Durchschneidungen sämmtlicher sechs Canäle gewähren nicht einen solchen relativ günstigen Ausgang. Oft erliegen die Tauben einige Tage nach der Operation einer Entzündung und Vereiterung der die Canäle umgebenden Gewebe. In anderen Fällen überleben sie zwar die Operation und deren Folgen, aber der stürmische Charakter der Bewegungen persistirt sehr viel länger und die Tauben gelangen niemals wieder dahin gehen oder auch nur stehen zu können.

§ 16. Einseitige Durchschneidung der Canäle.

Eine andere Reihe meiner Experimente bezweckte die Wirkungen einer nur einseitigen Durchtrennung der Bogengänge zu studiren. Die Kenntniss dieser Wirkungen ist von fundamentaler Wichtigkeit, ebensowohl für unsere Auffassungsweise, als für diejenige der Herren Mach, Breuer und Crum Brown. Aus diesem Grunde hat Breuer mehrere dahin zielende Versuche angestellt, deren Ergebnisse übrigens in vollständigem Widerspruche zu den unserigen stehen.

Die Theorie der drei genannten Autoren erheischt es, dass unter den verticalen Bogengängen der hintere senkrechte Canal der einen Seite zum Corrolarium seiner Functionen den oberen senkrechten Canal der anderen Seite habe. Es war Crum Brown, welcher, um die anatomische Lage dieser Canäle seiner Theorie anzupassen, der zu Folge sie ja Organe des Rotationssinnes wären, zuerst, diese Ansicht von der Correlation der verschiedenen Canäle aussprach. Prof. Mach hat sich dieser Ansicht angeschlossen, was im Grunde dem gleich käme, wie wenn Jemand annehmen wollte, dass die Extremitätenpaare nicht gebildet werden von den vorderen Extremitäten einerseits und den hinteren andererseits, sondern dass im Gegentheil der Arm und das Bein vom Gesichtspunkte der Function aus auf jeder Körperseite ein Paar darstellen.

Breuer hat es übernommen, experimentelle Beweise für diese Anschauungsweise aufzufinden. Er erklärt Prof. Böttcher's und meine

Versicherung, dass die Durchschneidung zweier nicht correspondirender Canäle die Flourens'schen Phänomene nicht hervorgerufen hat, aus dem Zufalle, dass wir immer den horizontalen Canal der einen Seite und den hinteren senkrechten der anderen Seite durchschnitten haben. Durchschneidet man im Gegentheil auf der einen Seite den hinteren senkrechten und auf der anderen den oberen Canal, so stellen sich die uncoordinirten Kopf- und Körperbewegungen augenblicklich ein.

Meine Experimente stehen mit denjenigen Breuer's, was diesen Punkt anbetrifft, in vollständigem Widerspruch. Die sauber ausgeführte Durchschneidung eines jeden dieser Canäle erzeugt nur die weiter oben beschriebenen vorübergehenden Phänomene, welche der unilateralen Durchschneidung angehören. Einige Tage nach der Operation verschwinden alle uncoordinirten Bewegungen. In einigen Fällen bleibt nur eine leichte Unsicherheit beim Gange zurück, aber auch sie verschwindet bald.

In der That, wenn man bei der Taube alle Bogengänge auf nur einer Seite durchschneidet, beobachtet man nur die vorübergehenden Kopfbewegungen während der Operation selbst, einige Reitbahnbewegungen, wobei der Kopf nach der operirten Seite gerichtet ist, und ein Stolpern während zu raschen Gehens. Diese Symptome verschwinden in der Mehrzahl der Fälle schon am zweiten Tage, worauf es fast unmöglich wird, die operirte Taube von einer normalen zu unterscheiden.

Es war an in dieser Weise operirten Tauben, dass ich zum ersten Male die Beobachtung machte, dass die Manegebewegungen sowie die Gleichgewichtsstörungen selbst ohne irgend welche Aenderung der Kopfstellung sich kund geben können. Angesichts der alten Ansicht von Longet und Prof. Goltz, welcher ich einst selbst huldigte, der Ansicht nämlich, dass die Stellung des Kopfes eine vorwiegende Rolle beim Körpergleichgewicht spiele, war diese Beobachtung für mich von grossem Werthe; sie hat es mir gestattet, die wirkliche Natur des von der Kopfstellung auf die Körperhaltung ausgeübten Einflusses zu bestimmen.

Bei allen Operationen, die an den Canälen einer und derselben Seite oder an den nicht symmetrischen beider Kopfhälften ausgeführt werden, beobachtet man ein eigenthümliches Phänomen während des Ganges: bei jedem Schritte, den die Taube thut, knickt eines ihrer Beine unter dem Körper ein; ein nicht darauf vorbereiteter Beobachter erhält den Eindruck, dass das Bein gebrochen sei. Oft ist es mir selbst schwergefallen, eines solchen Verdachtes mich zu erwehren, und ich sah mich genöthigt, durch die Inspection zu bestätigen, dass das Bein unversehrt war.

Diese Erscheinungen würden den Arzt an den characteristischen Gang der Ataktiker erinnern, bei welchen die Beine beim Gehen gleichfalls einknicken, in Folge excessiver Muskelcontractionen.

Im Falle unilateraler Verletzungen wird diese Einknickung des Beines auf derjenigen Seite beobachtet, auf welcher sich die lädirten Canäle befinden; in den Fällen bilateraler, aber nicht symmetrischer Läsionen befindet sie sich auf derjenigen Seite, auf welcher die grössere Zahl von Canälen verletzt worden ist; und wenn auf jeder Seite die Verletzung nur an einem einzigen Organe vorgenommen worden ist, tritt

das Phänomen auf derjenigen Seite ein, auf welcher der verticale Canal durchschnitten wurde.

§ 17. Electrische Erregung der Canäle.

Ich werde noch über einige an Tauben ausgeführte Versuche berichten, wo die Bogengänge der electrischen Erregung unterworfen wurden.

Die beiden Electroden bestanden aus zwei Goldfäden, deren hakenförmig umgebogene Enden in zwei kleine an einem der knöchernen Canäle angebrachte Oeffnungen eingeführt wurden; am andern Ende waren diese Fäden mit den Polen eines Inductionsapparates in Verbindung gesetzt.

Die Schwierigkeit, unter diesen Bedingungen die Wirkung der electrischen Ströme, ohne Behinderung der freien Bewegungen der Tauben, zu localisiren, bringt es mit sich, dass man keine recht entscheidenden Resultate erhält. Doch berechtigen mich meine Experimente zu der Behauptung, dass durch die electrische Reizung eines Bogenganges keine andere sichtbare Wirkung erzeugt wird, als ein starkes Abweichen des Kopfes nach der Seite des gereizten Canals.

Analoge Versuche müssen noch fortgesetzt werden, obwohl man unrecht thäte, von ihnen wichtige Ergebnisse zu erwarten; denn die Functionen der halbzirkelförmigen Canäle als Sinnesorgane sind allzu fein, um für solche Untersuchungsmittel geeignet zu sein.

§ 18. Experimente an den Bogengängen der Kaninchen.

Die zahlreichen bisher von mir besprochenen Versuche hatten fast Alles erschöpft, was die experimentelle Technik an mit Tauben ausführbaren Versuchen ermöglicht. Folglich hielt ich es für nöthig, höher organisirter Thiere mich zu bedienen. Vorzugsweise war es die Hoffnung, präcisen Aufschluss über die zwischen den Bogengängen und den Bewegungen der Augäpfel bestehenden Beziehungen zu erhalten, die mich veranlasste, Kaninchen zu diesem Behufe auszuersehen.

Wie schon Flourens angegeben hat, ist es empfehlenswerth, zu Experimenten über die Bogengänge junge Kaninchen zu wählen; da die knöchernen Theile sich alsdann leichter entfernen lassen, kann öfters die ganze Operation mit Hülfe eines Scalpells ausgeführt werden. Die Region, in welcher man zu operiren hat, ist die nämliche, weiter oben bezeichnete cylindrische Aushöhlung, welche im Zitzenfortsatze ihren Sitz hat und den unter dem Namen „Flocculus" bekannten Theil des Kleinhirns enthält.

Das Operationsverfahren ist in meiner Methodik beschrieben.

Wir wollen hier nur in Erinnerung bringen, dass der ungeübte Operateur, um die an den Bogengängen auszuführenden Operationen sich zu erleichtern, den Flocculus ohne alles Bedenken abtragen kann, denn es erwächst aus dieser Abtragung keinerlei Störung in der Locomotion oder in dem Aequilibrirungsvermögen*).

*) Die Störungen, welche Hitzig beim Einführen eines Eisstückchens in die bezeichnete Cavität eintreten sah, rühren von einer starken Reizung der in den Wandungen dieser Höhle gelegenen Bogengänge her und keineswegs von einer Einwirkung auf den Flocculus selbst.

Die Unterschiede zwischen den an den Tauben beobachteten Erscheinungen und denjenigen, von welchen die Bogengängeverletzungen bei den Kaninchen begleitet werden, sind folgende:

1. Die Bewegungsstörungen sind bei Kaninchen sehr stürmischer Art und von langer Dauer, selbst wenn die Operation nur einen einzigen Bogengang betraf.

2. Diese Störungen sind am ausgesprochendsten in den Bewegungen der Augapfelmuskeln; in den Rumpfmuskeln treten sie mit geringerer Heftigkeit auf, und die Kopfmuskeln erweisen sich fast ganz und gar frei von ihnen.

Die Körperbewegungen bestehen hauptsächlich in Manègebewegungen, wenn ein horizontaler Canal verletzt war; in Umwälzungen*) um die Längsaxe des Körpers, wenn die Läsion einen der senkrechten Canäle betraf. Der Kopf ist mehr oder weniger gewaltsam nach der verletzten Seite verzogen und den hinteren Gliedmaassen genähert, so dass sämmtliche Bewegungen eine Rotation des Körpers um dessen Längsaxe herbeiführen.

Während der ersten Stunden nach der Verletzung eines Bogenganges ist jede combinirte Bewegung oder jeder Ortswechsel dem Thiere unmöglich. Selbst in der Ruhe ist das Kaninchen unfähig, in normaler Stellung sich auf den Füssen zu erhalten; es verharrt in halber Bauchlage.

Unter allen durch die Bogengängeverletzungen hervorgerufenen Bewegungen sind die interessantesten und die am meisten ausgesprochenen diejenigen der Augäpfel.

Bereits Flourens erwähnt beiläufig den Nystagmus, welcher, seinen Beobachtungen zu Folge, während der Kopfbewegungen sich einstellt und augenblicklich aufhört, wenn der Kopf zur Ruhe gelangt. Ohne Zweifel handelt es sich hier um ein schwerwiegendes Versehen von Seiten dieses Physiologen.

Selbstverständlich ist jede Kopfbewegung des Kaninchens wie eines jeden anderen Thieres selbst bei unversehrten Bogengängen von einer Augapfelbewegung begleitet. Wie wir dieses weiter oben gelegentlich der Purkinje'schen Experimente constatirt haben, folgt immer der Augapfel mit einer geringen Verspätung den Bewegungen des Kopfes.

Der Nystagmus, von welchem wir hier reden wollen, hat mit der Nothwendigkeit, dass der Augapfel den Kopfbewegungen folge, Nichts zu thun; denn er erscheint vorzugsweise, und zwar mit einer gewissen Heftigkeit, wenn der Kopf immobilisirt ist.

Diese Heftigkeit nimmt sogar merklich ab, wenn man den Kopf frei lässt, und der Nystagmus hört ganz und gar auf, wenn das Kaninchen, losgebunden, in die weiter oben beschriebenen heftigen Körperbewegungen verfällt.

Oft genügt die geringste Reizung, um dieses Pendeln der Augäpfel hervorzurufen: man sieht einen längere Zeit anhaltenden Nystagmusanfall eintreten schon in Folge eines leichten Druckes auf den knöchernen Canal, wenn man mit einem Schwamme die in der Umgebung angesammelten Blutröpfchen entfernen will.

*) Die Beschreibung, welche Flourens von den nach Durchtrennung der Bogengänge bei den Kaninchen eintretenden Erscheinungen giebt, ist fast in allen Punkten unrichtig.

Diese Pendelbewegungen werden immer an beiden Augen beobachtet, selbst wenn die Reizung nur einen einzigen Canal betroffen hat. Ihre Richtung ist eine verschiedene, je nach dem operirten Canale. Sie treten immer serienweise auf, in Serien von mehrere Secunden langer Dauer, selbst wenn man dafür Sorge trägt, dass nur eine einmalige und schwache Reizung des Canals stattfinde.

Eine heftige Reizung, wie z. B. die Compression des häutigen Canals oder seine Torsion, erzeugt Anfälle, welche einige Minuten, öfters selbst eine Stunde und noch länger anhalten.

§ 19. Durch Erregung der Bogengänge hervorgerufene pendelnde Bewegungen der Augäpfel.

Die Frequenz dieser Pendelbewegungen wechselt je nach der Intensität der ausgeübten Reizung; man kann oft 20 bis 150 Schwingungen in der Minute zählen. Durch diese Frequenz wird das Studium dieser Schwingungen sehr erschwert, zumal wenn man genöthigt ist, gleichzeitig die Bewegungen beider Augäpfel zu beobachten.

Versuche, sie mittelst der graphischen Methode zu fixiren, haben mir bisher keine befriedigenden Resultate gegeben.

Die Schilderung dieser Bewegungen, wie ich dieselbe in meiner ersten Abhandlung der Academie der Wissenschaften vorgelegt habe, lautet folgendermassen:

„Die nach diesen Verletzungen beobachteten Augapfelbewegungen sind nicht compensatorische, durch den Stellungswechsel des Kopfes herbeigeführte Bewegungen: sie sind vielmehr die unmittelbare und directe Folge der Canäleverletzung".

„Jeder halbzirkelförmige Canal beeinflusst in specieller Weise die Bewegungen des Augapfels. Durch Erregung des horizontalen Canals bewirkt man beim Kaninchen eine solche Rotation des gleichseitigen Auges, dass die Pupille nach hinten und unten gerichtet ist; die des hinteren verticalen Canals erzeugt eine Deviation des Auges mit nach vorn und ein wenig nach oben gerichteter Pupille; die des vorderen verticalen Canals nach hinten und unten".

„Erregung eines Canals bewirkt immer Bewegungen beider Augen; aber die Bewegungen des Augapfels der dem verletzten Canale entgegengesetzten Seite finden in einer Richtung statt, die derjenigen der Oscillationen des anderen Augapfels entgegengesetzt ist. Die Pupille der Seite, auf welcher die Erregung stattfindet, contrahirt sich, sie bleibt dilatirt auf der anderen Seite".

„Im Augenblick der Reizung selbst hat die Contraction der Augapfelmuskeln einen starrkrampfartigen Character: die Augen bleiben gewaltsam nach den angegebenen Richtungen abgelenkt; unmittelbar darauf beginnen sie Pendelbewegungen in der entgegengesetzten Richtung auszuführen. Diese Oscillationen haben eine variable Frequenz von 20 bis zu 150 in der Minute. Ihre Dauer ist abhängig von der Stärke der Erregung, beträgt aber selten mehr als eine halbe Stunde".

„Diese pendelnden Bewegungen verschwinden, wenn man den Hörnerv der entgegengesetzten Seite durchschneidet. Erneuerte

Reizungen eines Bogenganges bewirken jetzt nur noch tetanische Contractionen".

Die Experimente, welche ich seit jener der Academie gemachten Mittheilung angestellt habe, veranlassen mich, diese Schilderung hinsichtlich einiger Detailpunkte zu modificiren.

So z. B. bemerkt man in mehreren Fällen, dass die Pupillen beider Seiten dilatirt sind, wenngleich immer in höherem Maasse auf der dem operirten Canale entgegengesetzten Seite.

Hauptsächlich aber muss ich meine, die Wirkung der Erregung der horizontalen und der hinteren senkrechten Canäle betreffende erste Angabe modificiren: die Erregung des horizontalen Canals bewirkt einen Stellungswechsel des Augapfels, bei welchem die Pupille nach vorn und unten, die des hinteren senkrechten Canals einen solchen, bei welchem sie nach hinten und oben rollt.

Um die drei Richtungen des Nystagmus anzugeben, welche man während der Erregung der drei Bogengänge beobachtet, werden wir also sagen, dass die des horizontalen Canals eine nach vorn und unten, die des hinteren senkrechten eine nach hinten und oben, die des vorderen senkrechten (oder oberen) eine nach hinten und unten gerichtete Bewegung des Augapfels bewirkt. In dieser Angabe handelt es sich um das Auge der nämlichen Seite, auf welcher sich der gereizte Canal befindet. Am anderen Auge hat der Nystagmus die entgegengesetzte Richtung, d. h. er ist nach hinten und oben gerichtet während der Erregung des horizontalen Canales, nach vorn und unten während derjenigen des hinteren senkrechten, und nach vorn und oben, wenn man den vorderen verticalen Canal reizt.

Bekanntlich unterscheiden die Ophthalmologen vier Arten von Nystagmus: den horizontalen Nystagmus, den verticalen, den diagonalen und den rotatorischen. Bei einer jeden dieser Formen erfolgen die Bewegungen beider Augen immer in derselben Richtung. Das Entgegengesetzte beobachten wir bei den Kaninchen während der unilateralen Erregung eines Canales.

Es würde keine Schwierigkeiten haben, die verschiedenen, durch Erregung der Bogengänge und des Hörnerven künstlich erzeugten Nystagmusformen auf die vier genannten Arten zurückzuführen. Der horizontale Nystagmus würde der während der Erregung des horizontalen Canals beobachteten Bewegung entsprechen; der verticale Nystagmus der Erregung des hinteren senkrechten; der diagonale Nystagmus derjenigen des vorderen senkrechten; der rotatorische Nystagmus der Erregung des Nervus acusticus.

Um diese Reduction durchzuführen, müsste man vor Allem die eigenthümliche Lage der Augäpfel bei den Kaninchen in Betracht ziehen. Ferner müsste bei den soeben beschriebenen Pendelbewegungen der Antheil in präciserer Weise bestimmt werden, der bei einer jeden Bewegung jeder speciellen Richtung zukommt, um z. B. angeben zu können, welche Richtung vorherrscht, die von oben nach unten oder die von vorn nach hinten u. s. w. Ohne eine solche Bestimmung sind offenbar die Richtungen „nach vorn und unten" und „nach hinten und oben" nicht nothwendigerweise durchaus einander entgegengesetzte. Die Unmöglichkeit,

in der ich mich befand, diese Bestimmung vorzunehmen, hat es eben verursacht, dass ich mich genöthigt gesehen, auf Grundlage neuer Versuche meine ersten Angaben zu modificiren.

Ich setze meine Untersuchungen dieser Bewegungen noch fort und hoffe dahin zu gelangen, sie graphisch fixiren zu können; ich werde also noch Gelegenheit haben, auf diesen Gegenstand zurückzukommen.

Für den Augenblick ist der genaue Charakter dieser Bewegung von untergeordneter Bedeutung. Es genügt festgestellt zu haben, dass die Erregung eines jeden Bogenganges pendelnde Augapfelbewegungen hervorruft, deren Richtung durch die Wahl des gereizten Canales bestimmt wird.

Um den Bericht über die aus meinen Versuchen resultirenden Thatsachen abzuschliessen, muss ich noch derjenigen Erwähnung thun, die nach Durchschneidung der Gehörnerven zur Beobachtung kommen.

Bei den Kaninchen erzeugt die Erregung eines Hörnerven heftige Drehbewegungen um die longitudinale Körperaxe in der Richtung nach der operirten Seite. Die durch Zerquetschung veranlasste Reizung der beiden Nervi acustici bewirkt sehr unregelmässige Bewegungen: das Thier neigt dazu, bald nach der einen, bald nach der anderen Seite sich umzuwälzen; aus diesen zwei entgegengesetzten Tendenzen resultirt für das Thier die vollständige Unfähigkeit sich fortzubewegen oder sich aufrecht zu erhalten. Die Tauben, bei denen man die sechs häutigen Bogengänge sammt deren Ampullen exstirpirt, bieten sogleich nach der Operation dieselben Erscheinungen dar.

Wenn die intracranielle Durchschneidung zweier Acustici gut gelungen ist, ohne von einem Blutergusse oder anderen schlimmen Zufällen begleitet zu sein, überleben die Thiere die Operation und die weiter oben beschriebenen Erscheinungen verlieren sich allmählich. Nach Verlauf von sechs bis zehn Tagen hält das Thier sich aufrecht, es kann seinen Platz wechseln, sich in Bewegung erhalten u. s. w., aber seine Bewegungen behalten ein gewisses Gepräge der Unsicherheit, weshalb es den Platz nur dann wechselt, wenn man es zwingt dieses zu thun. Es sucht immer eine Mauer oder eine Ecke auf, um hier einen Stützpunkt zu finden. Bei diesem Ortswechsel wählt jedes Thier stets vorzugsweise ein und dieselbe Richtung: das eine schreitet vorzugsweise rückwärts, das andere seitwärs u. s. w.

§ 20. Discussion der beschriebenen Versuche.

Wir schreiten jetzt zur Discussion der zahlreichen von mir angeführten Thatsachen.

Die von mir im Jahre 1872 ausgeführten Experimente hatten mich, wie weiter oben angegeben worden ist, zu dem Schlusse geführt, dass die Functionen der halbzirkelförmigen Canäle mit unseren Raumbegriffen in Verbindung stehen, und dass jeder Canal eine bestimmte Beziehung zu Raumdimensionen hat. Damals kannte ich noch nicht den dominirenden Einfluss, welchen die Canäle auf den Bewegungsapparat des Auges ausüben, einen Apparat, der in unseren Vorstellungen von der Form und der Vertheilung der Gegenstände im Raum eine vorwiegende Rolle spielt. Nichtsdestoweniger habe ich schon damals die Rolle, welche die

von den Augenmuskeln selbst oder von ihrem Innervationscentrum übermittelten unbewussten Sensationen beim Zustandekommen unserer Raumvorstellungen spielen, stark betont, und ich neigte zu der Auffassung, dass das System der Bogengänge seinen Antheil an der Verwerthung dieser Sensationen habe.

Die Hauptmotive dieser meiner Ansicht waren folgende: 1. die anatomische Anordnung dieser Canäle; 2. die absolute Regelmässigkeit, mit welcher die Reizung eines jeden Canals Bewegungen des Kopfes wie des Körpers in einer zu der eigenen Ebene des Canals parallelen Ebene auslöst; 3. der Einfluss, welchen die abnormen Kopfstellungen auf diese Bewegungen und auf das Körpergleichgewicht ausüben; 4. endlich die Wahrscheinlichkeit, dass dieser letztere Einfluss nur den Störungen der Gesichtsempfindungen zuzuschreiben sei.

Indessen besass ich in dem Augenblicke, als ich meine erste Abhandlung schrieb, noch keine directen Beweise für die Existenz der physiologischen Beziehungen zwischen den Bogengängen und den Innervationscentren des oculomotorischen Apparats; daher musste ich damals einer tiefer in den Gegenstand eingehenden Analyse der Art und Weise, wie die Bogengänge an der Bildung unserer Raumbegriffe sich betheiligen, mich enthalten.

§ 21. Bildung des Raumbegriffs.

Die Resultate meiner neuen Experimente und namentlich die erzielten so eclatanten Beweise für die Existenz jener Beziehungen, hatten also für mich den grössten Werth. Nicht nur war mir auf solche Weise die Genugthuung gewährt, meine Theorie sich bestätigen zu sehen, sondern ich durfte es nunmehr auch für möglich halten, in den Mechanismus, vermöge welchen die Bogengänge an der Bildung unserer Raumbegriffe sich betheiligen, tiefer einzudringen.

Daraus, dass einerseits unsere, die Vertheilung der Gegenstände im Raume betreffenden Vorstellungen hauptsächlich von den unbewussten Innervations- oder Contractions-Sensationen der oculomotorischen Muskeln abhängen, und dass andererseits jede, selbst minimale Reizung der Bogengänge Contractionen und Innervationen ebenderselben Muskeln erzeugt, muss man es als unbestreitbar anerkennen, dass die Nervencentren, in welche die in den Canälen sich vertheilenden Nervenfasern eintreten, in innigem physiologischem Zusammenhange mit dem oculomotorischen Centrum stehen und dass folglich ihre Erregung in die Bildung unserer Raumbegriffe in entscheidender Weise eingreifen kann.

Da diese Schlussfolgerung im Grunde nichts Anderes als der einfache Ausdruck der Thatsachen selbst ist, enthält sie sicherlich nichts Willkürliches.

Indem man dieselbe mit den soeben vorgebrachten Argumenten in Verbindung bringt, sowie mit der wohlbegründeten Erfahrung, dass die Reizung eines jeden halbzirkelförmigen Canals andersgerichtete Augapfelbewegungen auslöst, kann man diese Schlussfolgerung folgendermaassen näher präsiren und erweitern:

Die halbzirkelförmigen Canäle sind die peripherischen Organe des

Raumsinnes, d. h. die Sensationen, welche durch die Erregung der in den Ampullen dieser Canäle sich verbreitenden Nervenendigungen hervorgerufen werden, dienen dazu, unsere Begriffe von den drei Dimensionen des Raumes zu construiren. Die Sensationen eines jeden Canales entsprechen einer dieser Dimensionen.

Mit Hülfe dieser Sensationen kann in unserem Hirne die Vorstellung von einem idealen Raume zu Stande kommen, auf welchen unsere sämmtlichen übrigen Sinneseindrücke, soweit sie auf die Anordnung der uns umgebenden Gegenstände und auf die Stellung unseres eigenen Körpers inmitten derselben Bezug haben, sich werden beziehen lassen.

Nachdem dieses einmal festgestellt worden ist, wollen wir nun so viel als möglich uns Rechenschaft zu geben suchen von dem Mechanismus, mit Hülfe dessen die Bogengänge ihre Function erfüllen, und von der physiologischen Rolle, welche diese Functionen ihnen in der Oeconomie des Organismus anweisen.

Wie gross auch die Voreingenommenheit des Naturforschers gegen die teleologischen Betrachtungen sei, er kann sich ihrer dennoch nicht entrathen, zumal wenn es sich darum handelt, die Bedeutung eines Organs festzustellen, dessen Functionen bisher verkannt waren.

Ich werde es mir also nicht versagen dürfen, auch den zweiten Theil der soeben bezeichneten Aufgabe ins Auge zu fassen.

Der Ursprung unserer Begriffe vom Raume ist nicht allein ein rein physiologisches Problem, es streift derselbe auch an wichtige psychologische und mathematische Probleme; weshalb er denn auch ein Gegenstand gründlicher Studien von Seiten der Philosophen und Mathematiker aller Zeiten gewesen ist.

Indem ich meinerseits an diese Frage herantrete, will ich vorausschicken, dass ich keineswegs beabsichtige, sämmtliche philosophischen Ansichten, die in Bezug auf dieselben aufgestellt worden sind, hier einer Discussion zu unterziehen. Nur mit der rein physiologischen Seite der Frage werde ich mich zu beschäftigen haben, insoweit wenigstens, als der Nachweis des Vorhandenseins eines für die Bildung unserer Raumbegriffe speciell bestimmten Organs die gegenwärtig angenommenen, diese Begriffsbildung betreffenden physiologischen Theorien modificiren muss.

§ 22. Nativistische und empiristische Theorien des binocularen Sehens.

Zwei Haupttheorien des Zustandekommens der Raumvorstellungen scheiden die Physiologen in zwei verschiedene Lager: nämlich die nativistische Theorie und die empiristische Theorie.

Die erstere zählt unter ihre berühmtesten Vertreter in diesem Jahrhundert Kant und J. Müller. Sie ist in neuerer Zeit in glänzender Weise vertheidigt und entwickelt worden durch Prof. Hering.

Die zweite ist durch v. Helmholtz zum Range eines wissenschaftlichen Systems erhoben worden. Die psychologische Ausarbeitung dieser beiden Theorien basirt vorzugsweise auf Beweisen, die dem Gesichtssinne entnommen sind.

„Der Hauptsatz der empiristischen Ansicht", sagt v. Helmholtz, „ist: Die Sinnesempfindungen sind für unser Bewusstsein

Zeichen, deren Bedeutung verstehen zu lernen unserem Verstande überlassen ist. Was die durch den Gesichtssinn erhaltenen Zeichen betrifft, so sind sie verschieden nach Intensität und Qualität, das heisst nach Helligkeit und Farbe und ausserdem muss noch eine Verschiedenheit derselben bestehen, welche abhängig ist von der Stelle der gereizten Netzhaut, ein sogenanntes Localzeichen. Die Localzeichen der Empfindungen des rechten Auges sind durchgängig von denen des linken verschieden. Wir fühlen ausserdem den Grad der Innervationen, die wir den Augenmuskelnerven zufliessen lassen.

Die Anschauungen der Raumverhältnisse und der Bewegung sind nicht nothwendig aus den Gesichtswahrnehmungen oder wenigstens nicht aus diesen allein herzuleiten, da sie bei Blindgeborenen ganz genau und vollständig auch unter Voranstellung des Tastsinns gewonnen werden; sie können also für unseren Zweck als gegeben vorausgesetzt werden."

Nach v. Helmholtz sind ferner für die empiristische Ansicht die Form der Netzhaut, die Stellung und Regelmässigkeit der Bilder gleichgültig unter der Voraussetzung, dass dieses scharf umgrenzt ist. Diese Ansicht beschäftigt sich nur mit der Projection von der Netzhaut nach aussen durch die optischen Medien. Die Stellung der Gegenstände in Bezug auf unseren Körper wird mit Hülfe des Innervationsgefühls der Augennerven geschätzt: sie wird jeden Augenblick controllirt durch den Erfolg, d. h. je nach den durch die Innervationen veranlassten Verschiebungen der Bilder.

Die Vorstellungen von der Anordnung der Gegenstände im Raume bilden sich also nicht in directer Weise, sondern mit Hülfe eines Urtheils und einer Ideenassociation, welche auf Erfahrung und Gewohnheit gegründet sind.

Ganz anders verhält es sich mit der Anschauungsweise der Nativisten: „Was die verschiedenen nativistischen Theorien betrifft, sagt v. Helmholtz, so ist ihr Kernpunkt, dass sie die Localisation der Eindrücke im Gesichtsfelde von einer angeborenen Einrichtung ableiten, entweder so, dass die Seele eine directe Kenntniss der Ausdehnungen der Netzhaut haben soll, oder so, dass in Folge der Reizung bestimmter Nervenfasern gewisse Raumvorstellungen vermittels eines angeborenen nicht weiter definirbaren Mechanismus entstehen. J. Müller namentlich hat diese Ansicht in der ersten Form durchgeführt. Er sagt: „der Begriff des Raumes kann nicht erzogen werden, vielmehr ist die Anschauung des Raumes und der Zeit eine nothwendige Voraussetzung, selbst Anschauungsform für alle Empfindungen. Sobald empfunden wird, wird auch in jenen Anschauungsformen empfunden. Was aber den erfüllten Raum betrifft, so empfinden wir überall nichts, als nur uns selbst räumlich, wenn lediglich von Empfindung, vom Sinn die Rede ist: und so viel unterscheiden wir von einem objectiven erfüllten Raum durch das Urtheil, als Raumtheile unserer selbst im Zustande der Affection sind, mit dem begleitenden Bewusstsein der äusseren Ursache der Sinneserregung. Die Netzhaut sieht in jedem Sehfelde nur sich selbst in ihrer räumlichen Ausdehnung im Zustande der Affection; sie empfindet sich selbst in der grössten Ruhe und Abgeschlossenheit des Auges räumlich dunkel". Diese Theorie erweitert daher die von Kant aufgestellte An-

sicht, dass Raum und Zeit ursprünglich gegebene Formen unserer Anschauungen seien, dahin, dass auch die specielle Localisation jedes Eindrucks durch die unmittelbare Anschauung gegeben ist."

In der That betrachtete Kant Raum und Zeit als zwei gegebene Formen unserer Anschauung: der Raum, sagt er, ist eine nothwendige Vorstellung a priori, die allen unseren Anschauungen zu Grunde liegt. Man kann sich niemals eine Vorstellung davon machen, dass kein Raum sei, ob man sich gleich ganz wohl denken kann, dass keine Gegenstände darin enthalten sind. Der Raum ist eine reine Anschauung (l. c. S. 29).

Nach Prof. Hering können die verschiedenen Punkte der Netzhaut nicht nur die Farbenempfindungen, sondern auch Raumempfindungen erzeugen. Er nimmt nämlich an, dass im Erregungszustande die verschiedenen Punkte der Netzhaut ausser den Farbenempfindungen drei Arten von Raumempfindungen erzeugen.

Die erste entspricht der Höhenlage der bezüglichen Netzhautpartie, die zweite ihrer Breitenlage. Die Empfindungen der Höhe und der Breite, deren Vereinigung die Vorstellung von der Richtung in Bezug auf die Lage des Objects im Gesichtsfelde giebt, sind für die correspondirenden Punkte gleich. Ueberdies giebt es eine dritte Ausdehnungsempfindung besonderer Art: es ist dieses die Tiefenempfindung, welche gleiche Werthe, aber entgegengesetzten Zeichens für identische Netzhautpunkte, und gleiche Werthe gleichen Zeichens für die symmetrisch gelegenen Punkte haben muss.

Wie man sieht, unterscheiden sich die beiden Ansichten von einander in wesentlichen Punkten. Die physiologischen Beobachtungen, auf welchen sie beruhen, widersprechen einander nicht minder, obwohl sie viel leichter in Einklang gebracht werden können, als die Ansichten selbst.

Wenn in einer exacten und auf die Beobachtung sich gründenden Wissenschaft zwei einander so sehr widersprechende Theorien gleichzeitig bestehen können, ohne dass es der einen oder anderen von ihnen gelänge, die Meinungen Aller für sich zu gewinnen, so ist dieses fast immer ein Beweis dafür, dass alle beide gewisse mangelhafte Seiten haben, dass keine von beiden absolut befriedigend ist. v. Helmholtz selbst räumt ein, dass „unsere Kenntniss von den auf diese Frage bezüglichen Erscheinungen eine noch allzu unvollkommene ist, als dass man nur eine einzige Theorie zulassen und jede andere ausschliessen dürfte".

Wir wollen hier nur einige von den Einwürfen anführen, welche gegen eine jede von den beiden soeben ihren Hauptgrundzügen nach characterisirten Theorien erhoben worden sind. Obwohl diese Einwürfe zum Theil rein metaphysischer Natur sind, genügen sie nichtsdestoweniger, um die schwachen Punkte dieser Theorien hervortreten zu lassen.

Die Theorie Hering's lässt sich nicht blos mit einer grossen Zahl von Beobachtungen nur schwer in Uebereinstimmung bringen, sondern sie leidet auch an einem fundamentalen Fehler, auf welchen bereits v. Helmholtz aufmerksam gemacht hat.

„Der erste Einwand, sagt er, den ich erheben werde und der meinem Dafürhalten nach gar nicht zu entkräften ist, ist der, dass ich

mir nicht vorstellen kann, wie eine einzige Nervenerregung ohne jede vorhergehende Erfahrung zu einer vollständigen Raumvorstellung führen könne".

Zu diesem schon an sich sehr gewichtigen Einwande gesellt sich noch die Schwierigkeit zuzugeben, dass dieselbe Nervenfaser, welche die Lichtempfindung erzeugt, gleichzeitig dazu dienen soll, die Raumempfindung zu vermitteln.

Die Gesetze der allgemeinen Physiologie des Nervensystems und ganz besonders das Gesetz der specifischen Energien, welches so mächtig zur Entwickelung der Physiologie der Sinne beigetragen hat, sträuben sich gegen die Zulassung einer solchen Möglichkeit.

Aber auch die empiristische Ansicht, obwohl sie sich mit unseren physiologischen Begriffen und mit einer grossen Anzahl von Beobachtungen besser verträgt, bietet bei alledem eine grosse Lücke dar.

Wenn die Vorstellungen vom Raume die Folge der zur Kenntniss der localen Zeichen sich gesellenden Bewegungs- oder Muskelinnervationsempfindungen sind, so müssen letztere an und für sich die Vorstellung eines Raumes von drei Dimensionen erzeugen.

Die Unzulänglichkeit dieser Hypothese liegt auf der Hand. Die durch die Contractionen und Innervationen der Augenmuskeln oder der Körpermuskeln überhaupt hervorgerufenen Empfindungen könnten uns schliesslich doch nur über die Resultate der Contractionen belehren; z. B. die Contraction des Musc. rectus superior benachrichtigt uns von der Richtung, die wir unserem Auge in der Absicht gegeben, das scharfe Bild eines Gegenstandes aufzunehmen, welcher unsere Aufmerksamkeit auf sich gezogen hatte.

Oder wenn es der Tastsinn ist, mit Hülfe dessen wir uns Kenntniss von der vollständigen Gestalt eines Gegenstandes verschaffen wollen, so sind die Empfindungen keine anderen, als wie sie erzeugt werden durch die Contractionen der Muskeln oder Muskelgruppen, die wir in einer bestimmten Reihenfolge in Bewegung setzen, um unsere Finger mit dem zu untersuchenden Objecte in Berührung zu bringen.

Alles dieses enthält noch nicht die geringste Andeutung von der Beziehung dieser Empfindungen zu einem Raume, und noch viel weniger eine Vorstellung von diesem Raume selbst.

Die Schwierigkeit bleibt durchaus dieselbe, wenn wir zu diesen Empfindungen die unserem Verstande durch die localen Zeichen gelieferten Angaben hinzufügen*).

---

*) „Diese empiristische Theorie", sagte ich 1873 in meinem Lehrbuch der Physiologie, Bd. II. S. 330, „sowie ihre Modification, Herbart's Theorie der Associationen, hat den Fehler, dass sie ausser Stande ist, uns eine befriedigende Erklärung von dem Ursprunge der primitiven Vorstellungen zu geben, mit Hülfe deren unsere Schlussfolgerungen über die Gestalt der Gegenstände und ihre Anordnung im Raume zu Stande kommen."

Eine Erwerbung dieser Vorstellungen im Laufe der Jahrhunderte durch Uebung und Gewohnheit könnte nur unter der Bedingung zugelassen werden, wenn man gleichzeitig zuliesse, dass die Uebung ein specielles Organ habe schaffen können. In diesem letzteren Falle würde man zur nativistischen Theorie zurückkehren, welche das Vorhandensein solcher Raumorgane annimmt.

§ 23. Prof. Lotze's Ansicht über die Bildung der Raumvorstellung.

Diese Schwierigkeit ist vortrefflich gekennzeichnet in einer hervorragenden, in der Revue philosophique (1877, No. 10) veröffentlichten Studie Prof. Lotze's (eines der Veteranen der deutschen Philosophie) über die Bildung der Raumvorstellung.

Wir erlauben uns eine wörtliche*) Wiedergabe dieser lichtvollen Darstellung, welche zum Theil unsere eigene Anschauungsweise zum Ausdruck bringt:

„Wie kommt es denn, dass, um die Empfindungen π oder $\varkappa$ zu localisiren, die Seele hierbei bestimmt wird durch das blosse Hinzuaddiren der Zeichen α oder ε, welche selbst einer jeden Ortsvorstellung nicht minder fremd sind? Dass das Hinzukommen dieser Zeichen uns nöthige, die Empfindungen π und $\varkappa$ zu unterscheiden, verstehen wir, aber dass es uns nöthige, sie im Raume zu unterscheiden, wie liesse sich das zugeben? In der That scheint dieses unmöglich: aber daraus folgt keineswegs, dass man unsere Hypothese als unnütz oder unfruchtbar ansehen müsse. Man würde sich im Gegentheil einer groben Täuschung aussetzen, wenn man verlangte, dass es sich anders verhielte, dass die Zeichen α und ε geeignet wären, uns zu nöthigen, die Empfindungen π und $\varkappa$ im Raume zu unterscheiden".

„In der That giebt es zwei Fragen, die nicht mit einander verwechselt werden dürfen. Einmal die Frage, weshalb die Seele die Fülle ihrer Empfindungen innerhalb dieses Rahmens geometrischer Beziehungen ordnet und nicht nach einem beliebigen anderen, durchaus verschiedenen Plane, aber von welchem wir in Folge dieser wunderbaren Gewohnheit geometrischer Anschauungsweise nicht die geringste Ahnung haben".

„Die andere Frage — und hier werden die Fähigkeit zu einer solchen Anordnung der Empfindungen und die Bestimmung dieser Anordnung der Empfindungen als in der Natur der Seele gegeben angenommen — lautet: wie fängt die Seele es an, um bei dieser Intuition, die ihr unentbehrlich ist, einer jeden dieser Empfindungen in Bezug auf den Gegenstand, der sie verursacht, ihren bestimmten Platz anzuweisen. Nur diese zweite Frage ist es, auf die wir durch unsere Theorie der localen Zeichen eine Antwort zu geben beanspruchen, und weit davon entfernt, die erstere in befriedigender Weise lösen zu wollen, verurtheilen wir als unmöglich einen jeden Versuch dieses unlösbare Problem zu beantworten. Nicht nur ist es kein Problem der physiologischen Psychologie, sondern auch alle Anstrengungen, welche die philosophische Speculation zu dem Zwecke machen könnte die Auflösung zu finden, würden fruchtlos bleiben, wie sie es bis auf den heutigen Tag gewesen sind. Man kennt unter dem Namen der Deduction des Raumes diese tollkühnen Unternehmungen, welche mit Hülfe einer geheimnissvollen Dialektik sich einbilden den Raum mit dem zu construiren, was nicht der Raum ist; sie alle haben Schiffbruch gelitten: in der That ist es immer wieder eine Petitio principii, vermöge deren sie mit der Behauptung, ihn

*) Aus dem französischen Originalartikel ins Deutsche übersetzt.

in seiner Totalität geschaffen zu haben, den Ausdehnungsbegriff einschmuggeln. Heutige Theoretiker verachten grundsätzlich alle Speculation, aber sie gerathen dabei nicht weniger auf Irrwege als ihre Vorgänger: indem sie, wie dem mächtigsten Talismanne, einzig und allein der Erfahrung vertrauen, setzen sie alles in Bewegung, um die Anschauung der Ausdehnung und des Raumes aus einer reinen Association von Empfindungen hervorgehen zu lassen; sie werden scheitern wie die übrigen. Es wird niemals möglich sein, eine Anzahl von Nullen so weit zu vermehren, dass sie schliesslich eine reelle Grösse repräsentiren; ebenso unmöglich wird es sein, aus einer Association von Elementen einen völlig neuen Typus zu entwickeln, dessen Keim sich nirgends in diesen Elementen selbst auffinden liesse. Schwer begreiflich ist übrigens die Hartnäckigkeit, mit der man, ohne zu ermüden, immer wieder von Neuem diesen Versuch in Angriff nimmt. Hat man jemals daran gedacht, sich die Frage vorzulegen, warum die Lichtwellen unter der Form von Farben, und nicht unter derjenigen von Gerüchen oder von Tönen zur Wahrnehmung gelangen? Es ist eben eine einfache Erfahrungsthatsache, die man als solche hinnimmt. Weshalb nicht eingestehen, dass es sich mit der Raumintuition ebenso verhält? Sie ist die gegebene Form, unter der wir die Beziehungen gewisser Mengen gleichzeitiger Empfindungen wahrnehmen; wir haben durchaus nur die Regeln zu bestimmen, nach welchen wir einen unendlich mannigfaltigen Gebrauch von dieser immer unveränderten allgemeinen Form machen".

Und weiter unten: „Wir haben schon gesehen und wiederholen es hier, dass Nichts in der Welt uns begreiflich erscheinen lassen könnte, weshalb dieses System von Empfindungen, welches noch keinerlei Raumbegriff involvirt, nothwendigerweise unter der Form des Raumes, wie ein System von Beziehungen in der Ausdehnung percipirt werden müsste. Nimmt man aber in der Natur der Seele eine Befähigung an, eine Tendenz die Eindrücke unter Form des Raumes in sich aufzunehmen, so sind das Bedingungen, die man sich nicht denken kann ohne zu erwarten, dass sie die Ausübung dieser Tendenz hervorrufen werden. Indem wir diese Rotationen des Augapfels wiederholen, indem wir ihnen die Richtung von rechts nach links oder von links nach rechts geben, indem wir immer dieselbe Verbindung von Eindrücken wiederfinden, indem wir die Persistenz einer centralen Gruppe in Bezug auf die sich bewegenden Endpunkte wahrnehmen, überzeugen wir uns, dass die Präcision nur in uns selbst, dass die Coexistenz in den Dingen ist, und dass, was den Wechsel unserer Empfindungen verursacht, nur in der Verschiedenheit unserer Beziehungen zu den bleibenden Gegenständen der Aussenwelt besteht. Mit diesen Worten lässt sich der sozusagen abstrahirte Begriff von dem, was der Raum unter intuitiver Form ist, ausdrücken. Wir wollen schliesslich noch hinzufügen, dass es auch für die Empfindungen der Haut Etwas giebt, was diesen der Localisirung der Empfindungen günstigen Bedingungen ähnlich ist. Auch sie besitzt unzählige sensible Punkte; aber die zur Beurtheilung ihrer Lage erforderlichen Bewegungen sind diesen Punkten nicht so unmittelbar möglich, als sie es denen der Retina sind, und es bedarf der Mithülfe beweglicher Organe, um diesen Mangel zu ersetzen" (l. c. S. 363).

§ 24. Unsere Ansichten über die Bildung der Raumvorstellung.

Der Leser, welcher der Schilderung meiner Versuche aufmerksam gefolgt ist, hat schon errathen, in welcher Absicht ich mich so lange bei der Erörterung derjenigen Schwierigkeiten aufgehalten habe, welche die beiden in Rede stehenden Theorien über die Bildung unserer Raumvorstellungen darbieten.

Diese Schwierigkeiten verschwinden vollständig, wenn man annimmt, dass wir ein Sinnesorgan besitzen, dessen specielle Bestimmung es ist, uns Empfindungen zu senden, die dazu dienen, die Vorstellung eines Raumes von drei Dimensionen zu bilden.

Dieses Organ verlegen wir auf Grundlage unserer Versuche in das System der Bogengänge.

Die Einwände, die wir weiter oben gegen die Möglichkeit, diese Empfindungen in die zu gleicher Zeit für die Aufnahme der Lichteindrücke bestimmten Nervenfasern zu verlegen, vorgebracht haben, fallen hier fort. In der That, wenn es uns unmöglich ist anzunehmen, dass eine einzige Nervenfaser uns die Vorstellung des Raumes geben könne, so vermögen wir im Gegentheil sehr wohl zu verstehen, wie eine ganze Reihe von, in einer der Richtungen des Raumes angeordneten Fasern, wenn dieselben erregt werden, uns unbewusste Empfindungen von einer Ausdehnung in ebenderselben Richtung mittheilen.

Andererseits bringt der Nachweis des Vorhandenseins eines speciellen Organs für den Raumsinn die von uns bezeichnete Lücke in der empiristischen Theorie zum Verschwinden.

Die Anordnung der Nerven in drei aufeinander parallelen Ebenen eignet sich ganz vorzüglich für eine solche Function. Wir können uns sehr gut vorstellen, wie Richtungsempfindungen in drei Ebenen, deren Anordnung bei allen Wirbelthieren genau den drei Coordinaten des Raumes entspricht, von unserer Intelligenz zur Construction einer Raumvorstellung verwendet werden können.

Ja, ich möchte behaupten: kein anderer Sinn bietet eine so leicht fassliche Beziehung zwischen der Vorstellung und der Empfindung, als eben der Raumsinn, sobald man sich meiner Auffassung anschliesst.

Jener Theil der Frage, den Prof. Lotze als auf psycho-physiologischem Wege unlösbar hinstellt, erhält auf solche Weise eine völlig befriedigende Lösung. Die Sensationen der Innervation und der Muskelbewegungen können sehr wohl mit Hülfe der localen Zeichen auf einen Raum von drei Dimensionen bezogen werden, sobald ein specielles Organ besteht, welches die Bestimmung hat, bei uns von einem solchen Raume Vorstellungen zu erwecken.

Die empiristische Theorie erhält auf diese Weise eine neue Erweiterung, weil ja die Raumvorstellung aufhört eine präexistirende Form unserer Intuition zu sein, und vielmehr, wie die Vorstellungen der Farben, der Töne u. s. w. zu einer Erwerbung unseres Verstandes wird,

die wir den specifischen Empfindungen eines peripherischen Sinnesorganes verdanken.

Wir verstehen jetzt, weshalb es gerade ein Raum von drei Dimensionen ist, der unserer Euclidischen Geometrie zur Grundlage dient. Die geometrischen Axiome erscheinen uns somit als durch die Grenzen unserer Sinnesorgane auferlegt.

Mit einem Wort, das Vorhandensein eines Raumsinnorgans gestattet es, die zwischen der empiristischen Theorie und der nativistischen Theorie schwebenden Streitfragen zu schlichten.

Die letztere dieser Theorien war völlig berechtigt anzunehmen, dass die Raumvorstellungen uns durch eine mit Hülfe eines noch unbekannten Mechanismus zu Stande kommende Erregung von Nervenfasern ertheilt werden (siehe weiter oben).

Andererseits hat die empiristische Theorie Recht, den localen Zeichen und den Innervations- und Muskelbewegungsempfindungen unsere Vorstellungen über die Gestalt der äusseren Gegenstände und über ihre Anordnung im Raume zuzuschreiben.

Der ideale Raum von drei Dimensionen, dessen Vorstellung mit Hülfe der uns von Seiten der drei Bogengänge ertheilten Empfindungen zu Stande kommt, dient natürlich ebensogut zur Bestimmung der Anordnung der in der Aussenwelt befindlichen Gegenstände durch das Tastgefühl.

In einer neuerdings erschienenen Studie über die Raumvorstellungen erörtert Delboeuf die Frage, ob die übrigen Sinne für eine solche Bestimmung ebensogut wie das Seh- und Tastvermögen verwerthet werden können.

Indem er das Beispiel eines Blindgeborenen anführt, sagt Delboeuf (Formation de l'espace visuel, in Revue philos., 1877, p. 182): „Er unterschied den Klang der Glocken sämmtlicher umliegender Kirchspiele und bezeichnete sie mit der grössten Sicherheit. Der Klang leitete ihn mit einer Perceptionsschärfe, die derjenigen des Sehvermögens vergleichbar ist. Ich lege mir die Frage vor, ob für ihn die Gehörsempfindungen nicht die Vorstellung von der Richtung nach den drei Dimensionen in sich schlossen, und ich wüsste nicht, worauf man sich stützen könnte, wenn man eine solche Annahme zurückweisen wollte. Ich habe gesehen, wie Blinde sich dem jeu de barres hingebend, in einem Garten hintereinander herlaufen und wie sie es dabei vermieden, die Blumenbeete zu betreten, und wie sie in dem Augenblicke, wo sie nahe daran waren ergriffen zu werden, den Barren erfassten".

Offenbar könnte eine solche Fähigkeit dem Gehörssinne nur unter der Voraussetzung der Existenz eines Organs zugeschrieben werden, welches im Stande wäre, die allgemeinen Vorstellungen eines Raumes von drei Dimensionen zu erzeugen.

§ 25. Beobachtungen über den Schwindel.

Es ist nicht der Augenblick, uns noch eingehender mit den Modificationen zu beschäftigen, welche die Kenntniss eines speciellen Organs für die Raumperception in der Theorie des binocularen Sehens sowie

überhaupt in der Lehre von den Localisationen unserer Gefühlseindrücke zu Wege bringen muss.

Ich will mir nur erlauben, noch einige Beobachtungen anzuführen, welche mir geeignet scheinen, die Beziehungen näher aufzuhellen, die zwischen den Gesichtsempfindungen und den Empfindungen desjenigen Organes bestehen, dessen Functionen den Gegenstand vorliegender Arbeit ausmachen.

Wenn wir nach einigen Rotationsbewegungen um die Längenaxe unseres Körpers, wie z. B. beim Walzen, plötzlich stehen bleiben, haben wir eine Schwindelempfindung, bei welcher uns der ganze Raum innerhalb eines anderen imaginären Raumes in zu der Bewegungsrichtung unseres eigenen Körpers entgegengesetzten Richtung sich zu drehen scheint.

Jedermann, der den Character seiner unter den angegebenen Umständen eintretenden Schwindelempfindungen wird analysiren wollen, wird leicht das vollständig Zutreffende dieser Definition erkennen*).

Den Grund hiervon anzugeben ist leicht.

Welches auch die Natur der durch die Rotation unseres Körpers hervorgerufenen Störungen sein mag, es leuchtet ein, dass, wenn einmal die normalen Beziehungen zwischen den durch den Sehapparat empfangenen Eindrücken und den von den Bogengängen gelieferten Vorstellungen getrübt sind, eine vorübergehende Unmöglichkeit eintreten wird, den gesehenen Raum mit dem unserem Geiste immer vorschwebenden idealen Raume in Einklang zu bringen.

Ich möchte hier an eine der zahlreichen und sehr instructiven Beobachtungen Prof. Mach's erinnern, weil dieselbe von grossem Werthe für die hier vorgetragene Anschauungsweise ist, und weil ich selbst sehr häufig Gelegenheit gehabt habe, sie zu bestätigen; auch muss ich hinzufügen, dass weit davon entfernt eine Ausnahme, wie bei Professor Mach, zu bilden, diese Erscheinung während meiner über den Schwindel angestellten Versuche bei mir stets ganz regelmässig wiedergekehrt ist.

Führt man einige passive oder active Drehbewegungen um die Längenaxe seines Körpers aus und erzeugt man gleichzeitig ein Phosphen, so überzeugt man sich, dass dasselbe an der Rotation theilnimmt, auch wenn man es dem Auge während der ganzen Zeit unmöglich macht, eine Bewegung auszuführen.

Bei diesem Versuche muss, da das Auge unbeweglich geblieben ist, die scheinbare Bewegung des Phosphens anderswo herstammen, als von einem Ortswechsel der Retina.

Ohne von diesem Phänomene eine Erklärung zu geben, schildert Prof. Mach dasselbe in sehr frappanter Weise: man sollte meinen, dass der optische Raum auf einen anderen Raum projicirt werde,

*) Wir lassen hier die beiden anderen durch eine solche Rotation erzeugten Schwindel (den cerebralen Schwindel und den Tastschwindel) vollständig bei Seite. Hinsichtlich des ersteren theilen wir ganz und gar die Ansicht Purkinje's, d. h. auch wir erblicken seine Ursache in den im Gehirne selbst bewirkten mechanischen Störungen. Was den zweiten anbetrifft, so wird es dem Leser leicht fallen, auf denselben die hier über den visuellen Schwindel gegebenen Erklärungen anzuwenden.

welchen wir mit Hülfe unserer Bewegungsempfindungen construiren*).

Indem ich die auf diese Frage bezüglichen Versuche wiederholte, habe ich vor Allem festgestellt, dass bei mir die Bewegung der Augäpfel nur wenn die Körperrotation eine langsame ist, und auch da nur im Beginne derselben, sich einstellt. Ist die Körperrotation eine raschere und wird sie mehrere Male hintereinander ausgeführt, so kann ich, indem ich den Finger gegen das Auge andrücke, mich davon überzeugen, dass die Augäpfel unbeweglich bleiben. Wenn ich ein Phosphen erzeuge, so sehe ich dasselbe immer ebenso lange mit mir sich bewegen, als ich selbst in Bewegung bleibe; mache ich plötzlich Halt, so setzt das Phosphen noch einen Augenblick dieselbe Bewegung fort, worauf es in entgegengesetzter Richtung von der Stelle rückt, bevor es stehen bleibt und verschwindet.

Im Widerspruch mit der Meinung mehrerer Autoren**), welche behaupten, dass der Gesichtsschwindel schwächer werde, wenn nicht vollständig verschwinde, wenn man plötzlich die Augen auf irgend einen Gegenstand, z. B. auf den in kurzem Abstande vor sie hingehaltenen Finger einstellt, habe ich immer die entgegengesetzte Erscheinung wahrgenommen. Bei mir wird durch die Thatsache eines solchen Fixirens eine Steigerung sämmtlicher Symptome des Schwindels hervorgebracht.

Was einige Beobachter hat täuschen können, ist, dass in dem Augenblick, wo wir den Finger scharf in's Auge fassen, unsere Aufmerksamkeit von den übrigen Gegenständen abgelenkt wird: ihre scheinbare Bewegung ist für uns nicht mehr eine so auffallende, weil sie im indirekten Sehfelde sich befinden.

Dafür aber steigert die Immobilisirung unserer Augäpfel, indem sie uns verhindert, die normale Harmonie unserer Eindrücke wieder herzustellen, noch beträchtlich das Unbehagliche der Schwindelempfindungen. Es ist mir während dieser Versuche mehrmals begegnet, durch ein plötzliches Fixiren der Augen den Schwindel dermaassen zu verstärken, dass Uebligkeiten und selbst Erbrechen eintraten.

Was die Neigung meines Körpers, unwillkürliche Bewegungen auszuführen, anbetrifft, so nöthigt sie mich in dem Augenblicke, wo ich die Augen immobilisire, mich ungesäumt niederzusetzen; sonst würde ich umfallen.

Der weiter oben citirte Versuch Prof. Mach's würde mir an und für sich noch nicht beweiskräftig erscheinen, wenn ich nicht unter noch anderen Verhältnissen einen Gesichtsschwindel bei immobilen Augäpfeln zu beobachten Gelegenheit gehabt hätte.

In der That könnte man, wenn man den Bulbus, wie Prof. Mach es thut, mit dem Finger immobilisirt und dabei noch die Bewegung des Phosphens beobachtet, diese scheinbare Bewegung recht wohl durch die

*) Es ist interessant, an dieser Stelle zu constatiren, wie sehr Prof. Mach der Auffassungsweise des Gesichtsschwindels, wie ich sie hier darlege, sich genähert hatte: man hat nur in der vorletzten Zeile das Wort „Bewegungs-" durch „Ausdehnungs-" oder „Richtungs-" zu ersetzen, um seinen Vergleich mit meiner Theorie in Uebereinstimmung zu bringen.

**) Prof. Mach zählt nicht zu denselben.

Sensationen der Innervation erklären, selbst wenn diese letztere nicht zu einer Verrückung des Augapfels führen würde.

Prof. Mach erwähnt diese Erklärung, jedoch nur um sie sofort zurückzuweisen, während mir dieselbe durchaus unanfechtbar erscheint. Breuer, welcher gleichfalls Gelegenheit gehabt hat, Prof. Mach's Beobachtungen zu bestätigen, bleibt behufs ihrer Erklärung in der That bei diesen Sensationen stehen.

Ganz und gar unhaltbar aber wird diese Erklärung für die Fälle, wo die Phosphene sich verschieben, sobald wir, anstatt das Auge mit dem Finger zu immobilisiren (was ein sehr unsicheres Verfahren ist), diese Immobilisirung durch das Einstellen beider Augen auf einen ihnen nahgebrachten Gegenstand bewirken*).

Offenbar werden uns in diesem Falle die Innervationsempfindungen nur die Vorstellung der Bewegungslosigkeit der Augen ertheilen können.

Wenn also selbst dann das Phosphen seinen Ort zu ändern fortfährt, ist es zweifellos, dass der Gesichtsschwindel ohne jegliche Mitwirkung des oculomotorischen Apparates eintreten, d. h. dass er einen anderen psychologischen Ursprung haben kann.

Diese Auffassung des Gesichtsschwindels ist nicht neu. Schon im Jahre 1860 erklärte Zöllner Prof. Plateau's und Oppel's Bewegungsphänomene sowie den von ihm selbst beobachteten Fall von Pseudoscopie durch von den Augenbewegungen völlig unabhängige unbewusste irrthümliche Schlüsse. In einem Wiederabdruck jener Arbeit berichtet Prof. Zöllner über zahlreiche, ebendieselben pseudoscopischen Phänomene betreffende Versuche, die während des Uebersprungens eines elektrischen Funkens angestellt worden sind. Unter diesen Verhältnissen hatten Augapfelbewegungen nicht die Zeit, ausgeführt zu werden: dennoch traten die in Rede stehenden Phänomene mit noch grösserer Präcision ein, als wenn er diesen Versuch bei ununterbrochener Beleuchtung ausführte.

§ 26. Unsere Auffassung des Gesichtsschwindels.

Noch manche andere Gründe sprechen gegen die ausschliessliche Abhängigkeit des Gesichtsschwindels von den vom oculomotorischen Apparate ausgehenden Innervationsempfindungen. Ich will nur einige derselben hervorheben. Nach der allgemein angenommenen Theorie würde der Gesichtsschwindel davon abhängen, dass die Augäpfel während des Ausbleibens der gewohnten Innervationsempfindungen sich bewegen.

Wir werden alsdann die Bewegung der Netzhautbilder einer Bewegung der Gegenstände selbst zuschreiben.

Diese Erklärung ist zulässig für den Gesichtsschwindel im Augenblicke seines Erscheinens, aber sobald die Empfindungen der Muskelcontractionen Zeit gehabt haben an der Bildung des unbewusst zu Stande

*) Man kann die Augen, selbst die geschlossenen, bis zu einem gewissen Grade dadurch immobilisiren, dass man, bevor man sie schliesst den vor das Auge gehaltenen Finger längere Zeit fixirt; vermöge einer gewissen Anstrengung gelangt man dazu, wenn man den Finger in derselben Lage belässt, die Augen in der von ihnen angenommenen Stellung zu erhalten. Oft erhalte ich sie bei diesen Versuchen auf meine Nasenspitze eingestellt.

kommenden Urtheils sich zu betheiligen, müsste der Irrthum sogleich berichtigt werden.

In der That sind die Fälle, in welchen man den Schwindel auf solche Weise aufhören sieht, sehr häufig; ich will nur daran erinnern, dass mit chronischem Nystagmus behaftete Personen häufig von jeglichem Gesichtsschwindel frei sind. Selbst beim Nystagmus der Bergleute, welcher ziemlich plötzlich eintritt, ist der Schwindel, wenn er die Anfälle begleitet, eines derjenigen Symptome, welches die Kranken am raschesten zu bemeistern lernen.

Noch will ich zwei Beispiele von Schwindel anführen, bei welchen die Bewegungen der Bulbusmuskeln dazu dienen, dessen Wirkung bald zu verringern, bald zu steigern.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass der durch Alcoholvergiftung erzeugte Schwindel zunimmt, wenn man die Augen schliesst, und dass im Gegentheil bei geschlossenen Lidern der die Seekrankheit begleitende Schwindel abnimmt.

In beiden Fällen hat man die Empfindung, als wenn der Schädelinhalt sich drehe und als wenn die Gegenstände unserer Umgebung in Bewegung begriffen seien, und um uns rotiren. Die durch den Liderschluss erzeugte entgegengesetzte Wirkung erklärt sich folgendermaassen: der Berauschte kann, so lange er die Augen offen hält, gegen seinen Schwindel dadurch ankämpfen, dass er die in Wirklichkeit regungslosen Gegenstände um sich her scharf in's Auge zu fassen sucht: die Empfindungen der Muskelinnervation sind in diesem Fall ein mächtiges Corrigens seines Schwindels.

Bei einem an der Seekrankheit leidenden Individuum haben die offenen Augen nur bewegte, unaufhörlich ihre Lage wechselnde Gegenstände vor sich: die Empfindungen der Muskelinnervation werden also die in seinen Wahrnehmungen angerichtete Verwirrung nur noch steigern, weil ihm jedes Mittel fehlt, die Richtung der Verticale zu bestimmen.

Bei der Seekrankheit ist somit der Schwindel durch zwei Ursachen erzeugt: erstens durch die beständige Bewegung der Gegenstände im Gesichtsfelde und ausserdem durch die Verschiebungen, welche das Gehirn des Kranken erleidet.

Nehmen wir an, dass ein zu Schwindel Neigender sich auf einem Schiffe in einer solchen Lage befinde, bei welcher die Bewegungen des Schiffes sich ihm nicht mittheilen; er würde nichtsdestoweniger von Schwindel befallen werden beim Anblick der rings um ihn her in unaufhörlicher Bewegung begriffenen Gegenstände, wie wir Schwindel empfinden, wenn wir von einer sehr niedrigen Brücke aus auf das mit grosser Schnelligkeit strömende Wasser hinabblicken. In diesem Falle, so gut wie bei der Seekrankheit, entfernt man eine der Ursachen des Schwindels, indem man die Augen schliesst.

Dahingegen nimmt der durch die Körperrotation erzeugte Schwindel zu, wenn man die Augen schliesst, und selbst wenn man sie, wie wir bereits hervorgehoben haben, plötzlich auf einen ganz nahe vor sie hingehaltenen Gegenstand einstellt, weil hier die Innervationsempfindungen, weit davon entfernt den Schwindel zu vermehren, im Gegentheil dazu dienen, ihn zu bekämpfen.

Desgleichen wird ein Kranker, der an Schwindel centralen Ursprungs,

z. B. in Folge einer Affection des Kleinhirns, leidet, in der Regel sich wohler fühlen, wenn er die Augen offen hält, aber man versuche es nur, ihn z. B. bei Laufen über dem Rheinfalle aufzustellen: augenblicklich wird sein Schwindel beträchtlich zunehmen, wenn er nicht die Augen schliesst oder wenn er sie nicht auf irgend einen unbeweglichen Gegenstand richtet*).

Die von uns angeführten sehr mannigfaltigen Beispiele sind dazu bestimmt, den Beweis zu liefern, dass der Gesichtsschwindel weit davon entfernt ist, einzig und allein ein Resultat der Augenmuskelinnervationen zu sein.

Die Illusion einer scheinbaren Bewegung muss eintreten, so oft ein Mangel an Uebereinstimmung zwischen unserer Sinneswahrnehmung und unserer Vorstellung des idealen Raumes besteht. Mag dieser Mangel an Uebereinstimmung durch einen plötzlich eingetretenen Nystagmus, durch passive Augapfelbewegungen im Anfangsstadium der Lähmungen der Bulbusmuskeln, mag er durch mechanische Störungen innerhalb der Hirnsubstanz (wie während anhaltenden Rotirens unseres Körpers um seine Längsaxe), oder endlich durch Verletzungen der halbzirkelförmigen Canäle hervorgebracht sein, das Resultat wird immer das gleiche bleiben: wir werden Bewegung dort erblicken, wo in Wirklichkeit nur Ruhe vorhanden ist.

Wenn der durch diesen Mangel an Uebereinstimmung erzeugte Schwindel einen höheren Grad erreicht haben wird, werden wir alle Folgen desselben zu erdulden haben, wie Uebelkeiten, Erbrechen, Unmöglichkeit das Gleichgewicht zu bewahren, Tendenz zu unwillkürlichen Bewegungen u. s. w.

Um die Art und Weise, wie ich den Mechanismus des Schwindels auffasse, recht anschaulich zu machen, werde ich mich folgenden Bildes bedienen, welches, obwohl es im Vergleich mit der bewunderungswürdigen Feinheit der uns beschäftigenden nervösen Functionen ziemlich grober Art ist, dennoch am besten geeignet zu sein scheint, meine Idee klar wiederzugeben.

Nehmen wir ein die drei Dimensionen des Raumes repräsentirendes Coordinatensystem an . . . Auf dieses System übertragen wir . eine Zeichnung, welche den gesehenen Raum, d. h. das Bild unseres Gesichtsfeldes, darstellt. Jedesmal wenn diese Zeichnung ihre Lage im Verhältniss zu diesem Coordinatensysteme ändern wird, werden wir die Empfindung der Bewegung wahrnehmen, sei es, dass diese Aenderung durch eine wirkliche Bewegung des äusseren Raumes, sei es, dass sie nur durch eine passive Bewegung der Retina hervorgebracht werde, der Effect wird immer derselbe sein: wir werden die Gegenstände sich bewegen sehen. Wenn die Bewegung der Retina durch willkürliche Muskelcontractionen hervorgebracht wird, behüten uns die Empfindungen der Innervation dieser Muskeln vor einer Illusion, indem sie uns davon benachrichtigen, dass die Verrückung der Zeichnung durch uns selbst veranlasst wurde.

---

*) In meiner Monographie über die Tabes dorsalis (p. 28) habe ich bereits diese Unterschiede betont.

Es leuchtet ein, dass dieselben Empfindungen stattfindender Bewegung eintreten müssen, wenn es das Coordinatensystem ist, das im Verhältniss zum Bilde seine Lage verändert. Auch hier können die Innervationsempfindungen unser Urtheil corrigiren und uns vor Illusionen schützen, aber schon in viel geringerem Grade.

In den uns interessirenden Fällen kann diese Verschiebung des Coordinatensystems bald durch die Störungen des gesammten Gehirns (Rotationsschwindel), bald durch die Störungen in den Bogengängeempfindungen, mit deren Hülfe das Coordinatensystem construirt wird, herbeigeführt werden.

Man wird ohne alle Schwierigkeit einsehen, dass in diesem letzteren Falle die Empfindungen des Schwindels oder der illusorischen Bewegung sehr viel heftigere als in den übrigen Fällen sein müssen. Ausserdem werden sie anhaltendere sein, weil sie fortdauern werden, bis dass die sie hervorrufenden äusseren Reize aufhören. Die Bewegungen der Augäpfel wären kaum im Stande, die Symptome des Schwindels zu verringern. Es ist auch leicht, sich Rechenschaft zu geben von den Veränderungen der Richtungen in der scheinbaren Bewegung während der verschiedenen Phasen des Schwindels.

Alle Autoren, welche an den Bogengängen experimentirt haben, haben Gelegenheit gehabt, eine für die Theorie des Gesichtsschwindels, wie ich sie soeben entwickelt habe, höchst interessante Beobachtung zu machen.

Sobald die Taube nach der Durchschneidung der Bogengänge dahin gelangt ist, ohne Schwierigkeit gehen zu können, zieht sie sich in einen dunkelen Winkel zurück und verharrt dort regungslos, es sei denn, dass eine äussere Ursache sie zwinge, ihren Schlupfwinkel zu verlassen.

Auf den ersten Blick könnte man vermuthen, dass das Thier, dessen Aequilibirungsvermögen gewaltig erschüttert ist, nur einen Stützpunkt an der Wand zu finden wünsche. Indessen ist es leicht, sich davon zu überzeugen, dass dieses nicht der Fall ist; anstatt sich an die Wand zu stützen, begnügt die Taube sich damit, den Kopf gegen die dunkele Ecke zu kehren und diese Stellung beizubehalten. Hat das Zimmer, in welchem die Operation vollzogen wurde, ein dunkleres Nebenzimmer, so kann man sicher sein, dass die Taube es vorziehen wird, sich dort zu installiren.

Selbst wenn die Operation nur zwei Canäle betraf, besonders wenn diese Canäle unsymmetrische sind und die Durchschneidung der häutigen Canäle mit vieler Sorgfalt ausgeführt wurde, sieht man die Taube in stolperndem Laufe einer dunkelen Ecke zueilen, sobald man ihr die Freiheit wiedergegeben hat.

Dieselbe Vorliebe zeigt sich bei den einer Durchschneidung der Bogengänge unterworfenen Kaninchen, sobald sie die Fähigkeit, sich von der Stelle zu rühren, wiedergewonnen haben. Oft sogar findet man die Kaninchen nicht nur in einer dunkelen Ecke, sondern selbst hier mit geschlossenen Augen.

Bedeckt man den Tauben unmittelbar nach einer an den Bogengängen ausgeführten Operation die Augen vermittelst einer kleinen Haube, so verharren sie unbeweglich auf ihrem Platze, oder wenn sie

denselben verlassen, so gewahrt man an ihnen nicht die geringste Neigung, eine Ecke aufzusuchen oder sich an die Wand zu stützen.

In den sehr seltenen Fällen, wo die Operation bei der Taube einen Nystagmus oder heftige Pendelbewegungen des Kopfes hervorgerufen hat, ist es leicht, sich von dieser Lichtscheu Rechenschaft zu geben; in solchem Falle wird der Gesichtsschwindel, welcher die Taube dazu drängt, die Dunkelheit aufzusuchen, durch die der Netzhaut ertheilten Bewegungen erzeugt.

Aber ebendasselbe Symptom des Gesichtsschwindels stellt sich auch dort ein, wo nicht die geringste Bewegung weder des Bulbus, noch des Kopfes statthat.

In diesem Falle kann der Schwindel nur hervorgebracht sein durch den Mangel an Uebereinstimmung zwischen dem gesehenen Raume und demjenigen, dessen Vorstellung vermöge der von den Bogengängen herrührenden Empfindungen construirt wird. Diese letzteren sind in Folge der Operation tief alterirt: in der Meinung, dass die Ursache dieses Uebereinstimmungsmangels in ihrem Sehfelde liege, suchen die Thiere sich diesen Eindrücken dadurch zu entziehen, dass sie sich im Dunkelen aufhalten.

Ich will übrigens noch ein anderes Beispiel anführen, aus welchem hervorgeht, in wie hohem Grade die nach der Durchschneidung der Bogengänge beobachteten Locomotionsstörungen innig verknüpft sind mit unrichtigen Vorstellungen vom Raume oder, besser gesagt, mit einer Disharmonie zwischen dem gesehenen Raume und dem, vermöge der von diesen Canälen herrührenden Empfindungen, construirten.

Alle Beobachter haben dieses sonderbare Phänomen bestätigen können, dass die Tauben mit verletzten Canälen (zumal wenn die Operation entweder ausschliesslich die hinteren senkrechten Canäle oder gleichzeitig auch noch ein anderes Paar betraf) oft ihr Gleichgewicht nicht anders aufrecht erhalten können, als wenn sie den Kopf vollständig umstürzen, d. h. ihm eine solche Stellung geben, dass der Schnabel nach oben und das Hinterhaupt nach unten sieht. Bei dieser Kopfhaltung befindet sich das rechte Auge links, das linke rechts, die oberen Theile der Retina sind zu den unteren geworden u. s. w.

Sobald die Taube dahin gelangt, wieder einigermaassen Herr ihrer Bewegungen zu sein, wählt sie diese Haltung, welche sie so lange beibehält, bis ein äusserer Impuls sie dieselbe aufzugeben zwingt. Es genügt, ihren Kopf in die normale Haltung zurückzuversetzen, um augenblicklich einen Anfall unwillkürlicher Bewegungen hervorzurufen.

Man fühlt sich zur Annahme versucht, dass es der Taube vermöge der verkehrten Kopfhaltung gelingt, die Uebereinstimmung zwischen den beiden Räumen theilweise wieder herzustellen und so sich des Schwindels zu erwehren.

§ 27. Die Stellung des Kopfes.

In unserer ersten Abhandlung haben wir schon die Wichtigkeit betont, welche die Stellung des Kopfes für die Wahrung des Gleichgewichts hat.

In diesem Punkte mit Prof. Goltz einverstanden, betrachtete ich

damals die Coordinationsstörungen, welche man bei den Tauben nach der Bogengängedurchschneidung beobachtet, als durch anomale Kopfhaltung hervorgerufen. Der Verlust des Körpergleichgewichts war also, für mich wie für Prof. Goltz, nur eine indirekte Folge der Canäle-Verletzung.

Das Unzulängliche dieser Anschauungsweise hätte schon zu der Zeit, als ich meine erste Abhandlung schrieb, mir auffallen müssen. In der That habe ich schon damals bei Fröschen die allerheftigsten und allermannigfaltigsten Bewegungen des Gesammtkörpers beobachten können, während welcher der Kopf nur eine leichte Ablenkung erfuhr — und zwar immer eine und dieselbe, welcher Canal auch verletzt sein mochte.

Ich hätte um so mehr bemerken müssen, dass das Vorhandensein von Kopfbewegungen zum Hervorrufen des Gleichgewichtsverlustes nicht absolut nothwendig war, als ich schon in meiner ersten Abhandlung an mehreren Stellen besonderen Nachdruck darauf gelegt habe, dass die falschen Vorstellungen über die Anordnung der Gegenstände im Gesichtsfelde, in Bezug auf die Erhaltung des Gleichgewichts, eine wesentliche Rolle spielen.

Dennoch habe ich mich von meiner ersten Anschauungsweise nicht früher losgesagt, als nachdem ich, zum ersten Male, an der Taube die allerausgesprochensten Gleichgewichtsstörungen ohne die mindeste Pendelbewegung des Kopfes beobachtet hatte.

Die Beobachtungen über den bei den Kaninchen durch Reizung der Bogengänge hervorgerufenen Nystagmus haben es mir endlich gestattet, mir Rechenschaft von dem wirklichen Mechanismus der Locomotionsstörungen zu geben: wenn die Pendelbewegungen des Kopfes bei der Erzeugung dieser Störungen eine Rolle spielen, so ist dieses nur insofern der Fall, als sie den Gesichtsschwindel noch steigern.

Die Tauben können die Symptome eines Gleichgewichtsverlustes darbieten, selbst wenn sie von diesen Pendelbewegungen frei sind, indem ja bei ihnen der Schwindel, obwohl in geringerem Grade, auch in Folge der Störungen in der Vorstellung des idealen Raumes sich einstellt.

Es ist mir zwei oder drei Mal begegnet, bei den Tauben einen heftigen Nystagmus ohne irgend welche Pendelbewegung des Kopfes und im Verein mit beträchtlichen Locomotiosstörungen zu beobachten. Hier musste der Schwindel offenbar ein heftigerer sein, weil die Taube ausser Stande war, durch Bewegungen ihrer Augen die falschen Vorstellungen über den gesehenen Raum zu berichtigen.

Dennoch beschränken sich in diesen Fällen, wie in allen denjenigen Fällen, in welchen die Pendelbewegungen des Kopfes ausbleiben, die Bewegungsstörungen auf Erschwerung der Gleichgewichtswahrung und des Ganges; niemals beobachtet man hier die heftigen Rotationsbewegungen und Purzelbäume, deren Zeugen wir bei den mit Bogengängeverletzungen behafteten Tauben zu sein pflegen: die Heftigkeit ihres Schwindels ist also eine geringere.

Mit einem Worte, in den Fällen, wo der Kopf immobil verharrt, wird der Schwindel noch durch die Störungen in den Raumvorstellungen hervorgebracht. Dieser Schwindel wird intensiver, wenn zu demselben

ein durch die Pendelbewegungen des Kopfes oder der Augen erzeugter Gesichtsschwindel hinzukommt.

Aus dem Ensemble der Beobachtungen über die Verletzungen der halbzirkelförmigen Canäle bei den verschiedenen Thieren ergiebt sich noch eine andere Thatsache, welche ich als äusserst wichtig für meine Theorie der Functionen dieser Organe ansehe.

Aus der Schilderung der Experimente hat der Leser die Ueberzeugung entnehmen können, dass bei verschiedenen Thieren die Folgen dieser Verletzungen merklich differiren: bei den Tauben concentriren sich die Störungen hauptsächlich in den Kopfmuskeln; beim Frosch ist der Rumpf der fast ausschliesslich betroffene Körpertheil, während beim Kaninchen vor Allem die Muskeln des Augapfels ergriffen werden.

Nun dient aber den Tauben, im Normalzustande, die ausserordentliche Beweglichkeit ihres Kopfes als hauptsächlichstes Orientirungsmittel; der oculomotorische Apparat ist bei ihnen sehr wenig entwickelt.

Die Frösche sind, in Folge der fast vollständigen Unbeweglichkeit ihres Kopfes sowie wegen der eigenthümlichen Lage ihrer Augen, darauf angewiesen, sich dadurch zu orientiren, dass sie den ganzen Körper von der Stelle rücken.

Die Kaninchen hingegen können, da sie einen sehr vollständigen oculomotorischen Apparat besitzen, sich vollkommen mit Hülfe der Bewegungen ihrer Augäpfel orientiren.

Wir constatiren also dieses bemerkenswerthe Phänomen, dass die Störungen, welche durch die an den Bogengängen vorgenommenen Operationen erzeugt werden, hauptsächlich diejenigen Muskelgruppen betreffen, deren die Thiere sich vorzugsweise zur Orientirung im Raume bedienen.

Beim Kaninchen kann man ausserdem constatiren, dass, wenn der Körper und der Kopf freigelassen werden, die Pendelbewegungen der Augen um Vieles weniger heftig werden. Es genügt, ihren Kopf zu immobilisiren, um die Pendelbewegungen der Augäpfel von Neuem mit ausserordentlicher Heftigkeit ausbrechen zu lassen*).

Man kann ganz dasselbe an Tauben beobachten in den übrigens seltenen Fällen, in denen nach der Verletzung ihrer Canäle Nystagmus eintritt. Dieser ist vor allem dann ausgesprochen, wenn der Kopf immobilisirt ist, und er wird schwächer, oft bis zu gänzlichem Verschwinden, wenn man den Kopf wieder frei lässt.

Es wäre überflüssig, noch stärker betonen zu wollen, eine wie wichtige Stütze aus den zuletzt mitgetheilten Beobachtungen für meine Art und Weise, die Functionen der Bogengänge aufzufassen, erwächst.

§ 28. Erklärung der Flourens'schen Phänomene.

Wir müssen jetzt noch eine Frage von grosser Wichtigkeit erörtern, die Frage nämlich, in welcher Beziehung die verschiedenen zur Beobachtung kommenden Bewegungsstörungen zu der Durchschneidung der halbzirkelförmigen Canäle stehen.

---

*) Prof. Exner hat eine analoge Thatsache in einem Falle Menière'scher Krankheit bei einem Kaninchen beobachtet.

Die Auseinandersetzung unserer Ansichten über die Function dieser Organe weist deutlich darauf hin, dass wir den Verlust des Gleichgewichts für eine nothwendige Folge der durch die Verletzung dieser Canäle herbeigeführten, die Raumvorstellungen trübenden psychischen Störung halten.

Weniger leicht ist es, festzustellen, welche unter den unwillkürlichen Bewegungen aus einer starken Erregung, und welche aus einer Lähmung der Canäle hervorgehen; meist wirken diese beiden Phänomene gleichzeitig. Ueber diesen Punkt habe ich mich übrigens in ausführlicher Weise in meiner ersten Arbeit ausgesprochen; ich halte es also für unnütz, an dieser Stelle umständlich darauf zurückzukommen.

Ich will nur daran erinnern, dass die Mehrzahl der sogleich nach der Durchschneidung beobachteten unwillkürlichen Bewegungen einer starken Erregung der Nervenendigungen ihren Ursprung verdankt. Diese Erregungen erzeugen einen heftigen Schwindel, der sich in der Neigung des Thieres, unwillkürliche Bewegungen auszuführen, zu erkennen giebt.

Ein Jeder von uns hat Gelegenheit gehabt, an sich selbst zu constatiren, wie unüberwindlich diese Neigung oft ist. Prof. v. Helmholtz erzählt, dass, als er sich in Laufen an einer Stelle befand, wo er nur die reissende Strömung des Rheinfalles vor sich hatte, er die Neigung empfand, rücklings umzufallen. An derselben Stelle habe ich eine analoge Empfindung gehabt. Wenn ich mich dagegen auf einer bedeutenden Anhöhe befinde und vor mir nichts als einen gähnenden, aber unbeweglichen Abgrund erblicke, so ist die Neigung, nach vorn überzufallen, eine so starke, dass ich mich genöthigt sehe, den gefährlichen Standort augenblicklich zu verlassen*).

Wir können also sehr wohl zulassen, dass ein durch die Verletzung der Bogengänge erzeugter intensiver Schwindel das Thier veranlasse, unwillkürliche Bewegungen auszuführen.

Der ziemlich sonderbare Character dieser Bewegungeu bei der Taube muss uns nicht allzusehr überraschen. Die Purzelbäume sind Bewegungen, die man den Tauben sehr leicht beibringt; es genügt, an die Turteltauben zu erinnern, welche diese Bewegungen selbst im Normalzustande ausführen.

Andererseits bedarf es nur einer Erinnerung an die unwiderstehliche Neigung zum Ueberschlagen, die wir empfinden, wenn wir die Füsse in die Höhe richtend uns auf den Kopf stellen, um uns davon Rechenschaft geben zu können, weshalb eine Taube, wenn sie einmal veranlasst worden ist, sich vertical auf dem Kopfe oder auf dem Schwanze aufzurichten, eine Neigung zum Ueberschlagen empfindet.

Indessen bietet diese Frage eine Seite dar, die ich hier der Erörterung unterziehen möchte, weil wir auf diesem Wege dazu gelangen, den allgemeinen Character aller dieser Bewegungsstörungen von einem gänzlich neuen Gesichtspunkte aus zu betrachten. Allen Beobachtern ist die maasslose Heftigkeit der durch die Durchschneidung der Canäle erzeugten Bewegungen aufgefallen. Man braucht nur zu versuchen, diesen

*) Ich bin überzeugt, dass ein Theil der in Folge von Herabstürzen von Thürmen oder Säulen vorgekommenen sogenannten Selbstmorde auf Rechnung solcher Schwindelanfälle zu bringen ist.

Bewegungen Widerstand zu leisten, um sich davon zu überzeugen, mit wie ausserordentlichem Kraftaufwande sie ausgeführt werden.

Selbst bei der Taube hat man es mitunter recht schwer, diese Bewegungen niederzuhalten, zumal dann, wenn alle halbzirkelförmigen Canäle zerstört worden sind.

Bei der so feinen Beobachtungsgabe, die ihm eigen war, wurde Flourens durch die Heftigkeit dieser Bewegungen zu dem Schlusse geführt, dass „in den Bogengängen die die Bewegungen mässigenden Kräfte ihren Sitz haben" (l. c. p. 501).

Diese Schlussfolgerung, die bei dem damaligen Zustande der physiologischen Kenntnisse nicht tiefer ergründet werden konnte, enthält den Keim der Wahrheit; versuchen wir es, hierfür den Beweis zu führen.

Bei den von uns ausgeführten Bewegungen ist die Innervationsstärke eines jeden an der einzelnen Bewegung betheiligten Muskels von der grössten Wichtigkeit.

Da die Stärke der Muskelcontraction direct von der Innervationsstärke abhängt, sieht man leicht ein, dass in der Mehrzahl der combinirten Bewegungen es diese letztere Kraft ist, welche deren Character und Ziel bestimmt.

Die Vertheilung oder, besser gesagt, die Abstufung der Innervationsstärke entscheidet allein, welche Muskelgruppe die Hauptbewegung ausführen und welche andere nur dazu dienen wird, andere Körpertheile zu fixiren oder durch das Spiel der Antagonisten die beabsichtigte Bewegung in Schranken zu halten u. s. w.

Ist diese Abstufung gestört, so wird jede combinirte Bewegung ebenso unmöglich, als wenn, anstatt der zur Contraction bestimmten Muskeln, andere sich contrahiren sollten.

Schon vor 20 Jahren habe ich mehrmals die Nothwendigkeit betont, in jedem einzelnen Falle musculärer Ataxie zu bestimmen, ob die mangelhafte Bewegungscoordination davon abhängt, dass andere als die zur Betheiligung an der beabsichtigten Bewegung bestimmten Muskeln in Contraction treten oder ob nur die Gradation der Innervationsstärke getrübt ist. (Es war sogar bei jener Gelegenheit, dass ich hervorheben zu müssen glaubte, dass das Wort „Ataxie" nur auf die erstere Art der Motilitätsstörungen, die z. B. im Veitstanz zur Beobachtung kommt, Anwendung finden sollte, während die Fehler der Innervationsgradation, die man z. B. bei Tabes dorsalis beobachtet, von jener Benennung streng ausgeschlossen bleiben müssten.)

Bei sorgfältiger Beobachtung der Bewegungen von Thieren, deren halbzirkelförmige Canäle durchschnitten werden, überzeugt man sich leicht, dass ihre Motilitätsstörungen zum grossen Theile auf übermässigen Muskelinnervationen beruhen.

Alle Muskeln, die an einer beabsichtigten Bewegung theilnehmen sollen, contrahiren sich mit dem Maximum der Intensität. Das Ergebniss ihrer Zusammenziehung ist also ein über das Maass hinausgehendes und oft selbst ein dem beabsichtigten ganz und gar entgegengesetztes.

Die Unmöglichkeit, nach der Durchschneidung der Bogengänge das Gleichgewicht zu bewahren, resultirt zum grossen Theil aus dieser Innervationsstörung.

Die unmittelbar nach der Operation eintretende Erschwerung der Orientirung und selbst der Gesichtsschwindel vermögen nicht jene nach Abtragung sämmtlicher Canäle ausbrechende Muskeltollheit zu erklären.

Selbst wenn man einen Theil dieser Bewegungen auf Rechnung der durch die Verletzung der Canäle bewirkten reflectorischen Reizung brächte, würde man den über alle Maassen stürmischen Character dieser Bewegungen nicht anders als unter der Voraussetzung begreiflich finden, dass der die Innervationsstärke regulirende Apparat selbst ausser Thätigkeit gesetzt ist.

Dieses Uebertriebene in den Bewegungen ist eine so auffallende Erscheinung, dass mehrere Autoren, die sich mit Verletzungen der Bogengänge beschäftigt haben, nur diese Thatsache im Auge habend, aus derselben den Schluss gezogen haben, dass die Canäle die Muskelsensibilität reguliren und dass es der Verlust dieser Sensibilität ist, der die Locomotionsstörungen hervorruft (Dr. Bornhardt und Andere).

Ich will hier nur ein einziges Phänomen anführen, das man bei den Tauben fast immer im Falle einer Durchschneidung der Bogengänge beobachtet. Es handelt sich um die Einknickung der Beine. Diese Erscheinung besteht oft nach dem Verschwinden einer jeden anderen Folge der Operation noch recht lange fort.

Bei aufmerksamem Beobachten des Ganges einer in solchen Verhältnissen befindlichen Taube hält man das Bein beim ersten Anblick für gebrochen. Und dieser Eindruck ist oft ein so scharf ausgeprägter, dass man genöthigt ist, erst durch eine specielle Untersuchung sich zu überzeugen, dass dieses nicht der Fall ist.

Gewöhnlich tritt diese Erscheinung nur auf einer Seite auf. Sie erinnert recht sehr an den characteristischen Gang der Ataktiker. Hier haben wir es lediglich mit übermässiger Innervation der in Bewegung gesetzten Muskeln zu thun, denn der Orientirungsmangel und die reflectorische Reizung sind offenbar ausgeschlossen. Die Heftigkeit der Bewegungen der Augäpfel, des Kopfes und des Gesammtkörpers muss somit der Abwesenheit der ihre Innervation regulirenden Macht zugeschrieben werden.

Da diese Abwesenheit mit den Verletzungen der Bogengänge coincidirt, muss man daraus schliessen, dass die Nervencentra, denen die durch diese Canäle übermittelten Empfindungen zugehen, in die Vertheilung der Innervationsstärke in irgend einer Weise eingreifen.

A priori ist eine solche Betheiligung dieser Centra an der Regulirung der Innervationsstärke überdies gerechtfertigt. Es ist in der That einleuchtend, dass die Innervationsstärke vor Allem nach der Intensität der beabsichtigten Bewegung regulirt werden muss, d. h. nach der Intensität des beabsichtigten Ortswechsels eines Theiles unseres Körpers in Beziehung zur Aussenwelt.

Um eine solche Verrückung zu combiniren, ist die genaue Abschätzung der Entfernung erstes Erforderniss. Das Organ, in welchem sich alle Vorstellungen vom Raume und von der Stellung unseres Körpers im äusseren Raume begegnen, ist also am meisten befähigt, eine solche Combination zu bewerkstelligen.

Fassen wir das Gesagte zusammen, so ergiebt sich, dass die nach den Verletzungen der halbzirkelförmigen Canäle sich kundgebenden Störungen ihre Entstehung verdanken:

a) einem durch den Widerspruch zwischen gesehenem Raume und dem idealem Raume hervorgebrachten Gesichtsschwindel;

b) den hieraus resultirenden falschen Vorstellungen über die Stellung unseres Körpers im Raume;

c) den störenden Abweichungen in der Vertheilung der Innervationsstärke an die Muskeln.

§ 29. Der normale Erreger der Bogengänge.

Es erübrigt uns noch eine höchst schwierige Frage zu besprechen, deren Erörterung grosse Vorsicht erheischt und manche Schwierigkeiten in sich schliesst. Da man zur Annahme gezwungen ist, die Bogengänge seien die peripherischen Organe des Raumsinnes, so fragt es sich, welches ist der specifische Reiz, der auf die in diesen Canälen sich ausbreitenden peripherischen Nervenendigungen wirkt und zur Construction der Raumvorstellung dienende Empfindungen hervorruft?

Bevor ich zur Prüfung dieser Frage schreite, habe ich a priori einem Einwurfe zu begegnen, der gegen unsere Auffassungsweise der Functionen der Bogengänge erhoben werden könnte.

Wir sind gewohnt, jedesmal wenn es sich um ein Sinnesorgan handelt, nach dem reellen Agens der Aussenwelt zu forschen, welches durch Einwirkung auf den peripherischen Theil dieses Organes in uns Empfindungen erweckt, die, von unserem Verstande wahrgenommen, uns in den Stand setzen, über die Eigenschaften dieses äusseren Agens uns ein Urtheil zu bilden. Welches könnte nun aber das äussere Agens sein, das auf die Nerven eines uns zur Vorstellung eines Raumes von drei Dimensionen befähigenden membranösen Canales wirkt? Wir werden sogleich sehen, dass es nicht unmöglich ist, diese Frage in ziemlich befriedigender Weise zu beantworten.

Aber vorher wünsche ich festzustellen, dass selbst, wenn wir ausser Stande wären, eine solche Antwort zu ertheilen, dies noch nichts gegen die Richtigkeit unserer Theorie der Functionen der Bogengänge beweisen würde.

In der That, seit wie lange sind wir denn im Besitze wissenschaftlicher Begriffe von der Beschaffenheit derjenigen Reize, die unsere Farben- und Tonempfindungen hervorrufen?

Und wissen wir denn noch heute etwas von den Eigenschaften der unsere Geschmacks- und Geruchssensationen erregenden Stoffe?

Berechtigt uns diese Unkenntniss etwa dazu, die Existenz der für diese Sensationen bestimmten Organe in Abrede zu stellen?

Aber, wie gesagt, wir können uns eine sehr befriedigende Vorstellung von der Art und Weise machen, in welcher die Nervenendigungen in den Ampullen und vielleicht selbst in den membranösen Canälen erregt werden.

Die Goltz'sche Hypothese in der ihr von Prof. Mach gegebenen mehr wissenschaftlichen Form hätte uns über die erregende Ursache vollkommenen Aufschluss geben können.

Jede Bewegung des Kopfes würde, indem sie Bewegungstendenzen in der Endolymphe erzeugt, die Nervenendigungen in den Ampullen erregen. Diese Hypothese würde sich unserer Anschauungsweise, der zu Folge die Bogengänge Sinnesorgane des Raumes sind, noch besser anpassen lassen, als derjenigen Prof. Mach's.

In der That könnten, sobald man als gegeben betrachtet, dass die Erregung dieser Canäle uns Richtungsempfindungen verschaffen soll, die Sensationen, welche dadurch, dass der Kopf seine Stellung in Bezug auf den äusseren Raum ändert, hervorgerufen werden, sehr gut zur Construction von Raumesvorstellungen dienen. Auch habe ich es bedauert, der Goltz-Mach'schen Hypothese Angesichts des Resultates der oben erwähnten Experimente entsagen zu müssen, indem ja dieses Resultat bewies, dass selbst recht beträchtliche Aenderungen des Druckes in den häutigen Canälen keines der Flourens'schen Phänomene erzeugen.

Aber die Nothwendigkeit, die Goltz'sche Hypothese aufzugeben, ist weit entfernt, uns einer jeden Möglichkeit zu berauben, die Erregungen der häutigen Canäle an die Bewegungen des Kopfes anzuknüpfen. Es genügt, die Aufmerksamkeit auf die Structur der Nervenendigungen in den Ampullen und in den halbzirkelförmigen Canälen zu lenken, um mehrere für ihre mechanische Erregung günstige Bedingungen aufzufinden.

Offenbar ist eine solche zunächst in den Otolithen gegeben, die ja nicht nur in den Sacculis sondern auch in den Ampullen und selbst in den Canälen enthalten sind. Jede, sei es active, sei es passive Kopfbewegung muss eine Erschütterung dieser Otolithen bewirken, welche eine mechanische Reizung der nervösen Terminalapparate herbeiführen wird.

Es ist nicht unmöglich, dass ausser diesem Gehörsande auch noch andere Theile an der zu den Raumsensationen führenden Erregung mitbetheiligt sind. In der That können die zahlreichen in den Canälen befindlichen Epithelialzellen, deren Structur und Anordnueg in Beziehung zu den Nervenendigungen so eigenthümliche sind, sehr gut, sobald sie erschüttert werden, den in der Flüssigkeit schwebenden Nervenfasern eine Erregung mittheilen.

Unabhängig von den Kopfbewegungen kann die Veranlassung zu dieser Erschütterung von den Wellen geliefert werden, die sich in der die membranösen Canäle erfüllenden Endolymphe verbreiten.

Nicht allein die tönenden Luftwellen, d. h. diejenigen, deren Zahl pro Secunde zur Hervorbringung von Gehörssensationen hinreicht, sondern alle übrigen, sowohl die oberhalb als die unterhalb der Hörbarkeit befindlichen können, der Endolymphe mitgetheilt, eine Bewegung der Otolithen oder der soeben erwähnten Epithelialzellen bewirken.

Die bei dem im Zustande der Wildheit lebenden Menschen und bei einigen Thieren so hoch entwickelte Fähigkeit, die Schallrichtung zu erkennen, wäre vielleicht auch mit der von uns festgestellten Function des achten Hirnnervenpaares in Zusammenhang zu bringen.

Unsere anatomischen Kenntnisse von den in Rede stehenden Theilen sind, trotz ihrer Mannigfaltigkeit, noch zu unvollständig, als dass man in den Mechanismus der Erregung der Nervenendigungen tiefer einzudringen vermöchte. So z. B. würde es von Wichtigkeit sein, das specifische Gewicht der Otolithen im Verhältniss zu demjenigen der Endo-

lymphe zu kennen, um die Bedingungen, unter denen ein Otolith in Schwingungen versetzt werden kann, genau zu präcisiren.

Es wäre sogar möglich, dass die Bewegung des Otolithen im Utriculus oder im Sacculus eine Reihe von Erschütterungen den Nervenfasern, bald des einen, bald des anderen häutigen Canales, je nach der diesem häutigen Canale durch die Kopfbewegung gegebenen Stellung mittheilte.

Ich will mich nicht zu weiteren Hypothesen über den feineren Mechanismus der Canäle-Erregung fortreissen lassen. Das Vorangehende genügt aber, um zu zeigen, dass wir bei dem Versuche, eine Erregungsquelle aufzufinden, keinem unübersteiglichen Hinderniss begegnen.

Was die Natur der durch diese Erregung hervorgerufenen Sensation anbetrifft, so ist es einleuchtend, dass, sobald es sich um eine unbewusste Empfindung handelt, wir deren Character mit einiger Sicherheit anzugeben ausser Stande sind. Wir befinden uns hier in demselben Falle, wie in Betreff sämmtlicher übrigen unbewussten Empfindungen, wie z. B. derjenigen der Innervation.

Doch muss man immer im Auge behalten, dass diese Sensationen für unsere Intelligenz nichts als verschiedene Zeichen sind, mit deren Hülfe wir unsere Vorstellungen bilden.

Damit die durch die Erregung der Bogengänge hervorgerufenen Empfindungen zur Bildung unserer Raumvorstellungen verwendet werden können, ist es keineswegs nothwendig, dass die Natur dieser Empfindungen schon an sich selbst die Idee einer Richtung enthalte.

Indessen können wir über die Natur der unbewussten Sensation, zu welcher die Erregung eines membranösen Bogenganges Veranlassung giebt, Vermuthungen formuliren, die, abgesehen von einer grossen Wahrscheinlichkeit, noch den immensen Vortheil gewähren, dass sie uns gestatten, es theilweise zu verstehen, wie diese Sensationen zu der Bildung der Vorstellungen von einem Raume von drei Dimensionen dienen können.

Wir haben schon weiter oben auf die anatomische Anordnung der Nervenendigungen in auf einander perpendiculären Ebenen als auf eine solche hingewiesen, welche das Functioniren der halbzirkelförmigen Canäle wesentlich begünstigt.

In der That können wir uns sehr gut vorstellen, dass die Erregung der Nervenendigungen eines membranösen Bogenganges Empfindungen einer räumlichen Ausdehnung in einer auf die Ebenen der beiden anderen Canäle perpendiculären Ebene hervorbringt; oder wenn man es vorzieht: dass die Erregung der Nervenendigungen eines membranösen Bogenganges Empfindungen von Richtungen hervorruft und zwar von Richtungen, die in eine auf die Ebenen der beiden anderen Canäle perpendiculäre Ebene fallen.

Welcher Natur auch der Reiz sei, der die Nervenfaser des Nervus opticus in Thätigkeit versetzt, die aus dieser Thätigkeit resultirende Empfindung würde immer eine Lichtempfindung sein. Ganz dasselbe muss bei den Empfindungen der uns hier beschäftigenden Organe stattfinden. Welches auch immer der Reiz sei, der die Function der in den häutigen Canälen sich vertheilenden Nervenfasern wachruft, das Resultat

ihrer Erregung wird immer eine Richtungsempfindung sein, das Gefühl einer Richtung, die in eine auf die Ausdehnungsebenen der beiden anderen Canäle perpendiculäre Ebene fällt, resp. eine Empfindung einer Ausdehnung in einer auf die Ausdehnungsebenen der beiden anderen Canäle perpendiculären Ebene sein.

Die Erregungen der drei Canäle geben uns auf solche Weise Richtungsempfindungen in drei aufeinander senkrechten Ebenen und diese unbewussten Empfindungen dienen zur Bildung der Vorstellung eines Raumes von drei Dimensionen.

Man muss gestehen, dass kaum bei irgend einem der übrigen Sinne wir es ebenso leicht haben, das Zustandekommen der Vorstellung von der Natur der Empfindungen herzuleiten.

Ich möchte hier noch auf einen Punkt aufmerksam machen, der nicht weniger beredt zu Gunsten unserer Ansicht spricht. Wir haben oben gesehen, dass Beziehungen der allerinnigsten Art zwischen den Bogengängen, dem oculomotorischen Apparate und den Innervationscentren aller unserer Körpermuskeln bestehen. Die allerverschiedenartigsten Beobachtungen haben alle in unwiderleglicher Weise diese Beziehungen festgestellt.

Wir haben uns in dieser Arbeit nicht bei den zahlreichen Untersuchungen aufgehalten, die von den Herren Nagel, Skrebitzky, Aubert und Andern über die auf die verschiedenen Neigungen des Kopfes folgenden Bewegungen der Augäpfel und über die aus diesen Bewegungen resultirenden Variationen in der Beurtheilung der Lage der Verticale angestellt worden sind.

Aber nach den Beobachtungen über die Beziehungen zwischen den Bogengängen und den Innervationscentren der Augenmuskeln lässt es sich kaum bezweifeln, dass der Mechanismus, vermöge dessen die Bulbi den Abänderungen der Kopfhaltung folgen, auf den angegebenen Beziehungen beruht.

Unsere Hypothese, dass es die Kopfbewegungen sind, welche den ersten Anstoss zur Erregung der in den Canälen vertheilten Nervenendigungen geben, findet auf solche Weise eine neue Stütze.

Wir sehen somit, dass die Organe, welche uns dazu dienen, die räumliche Anordnung der Gegenstände zu unterscheiden, sowie die Beziehungen unseres Körpers zu diesen Gegenständen zu bestimmen, in functionellem Zusammenhange mit demjenigen Organe stehen müssen, welchem wir als Function die Bildung unserer Raumvorstellungen vindiciren.

§ 30. Beziehungen zwischen den halbzirkelförmigen Canälen und dem Gehörssinne.

Nachdem er nachgewiesen hatte, dass die Durchschneidung der Bogengänge bei der Taube das Gehör nicht vernichtet, kam Flourens zu dem Schlusse, dass diese Canäle nicht zum Hören dienen und dass folglich die sich zu ihnen begebenden Nerven nicht als Hörnerven betrachtet werden können. Flourens hat sogar den Vorschlag gemacht, das achte Paar in zwei von einander zu unterscheidende und von einander unabhängige Nerven zu trennen.

Obwohl die Flourens'schen Behauptungen allzu absolut waren, enthielten sie nichtsdestoweniger schon die Wahrheit im Keime.

Gleich wie viele andere Forscher, welche die Bogengänge zum Gegenstande ihrer Studien gemacht haben, ist Flourens in den Irrthum verfallen, die Durchschneidung der häutigen Canäle als mit ihrer Lähmung gleichbedeutend anzusehen. Das Fortbestehen des Gehörs nach dieser Durchschneidung musste ihm also zu beweisen scheinen, dass diese Canäle beim Hören keinerlei Rolle spielen.

Nun aber kann offenbar die Durchschneidung eines häutigen Canals in keiner Weise mit einer Nervendurchschneidung verglichen werden, und Nichts berechtigt zu der Annahme, dass nach einer solchen Durchschneidung die Functionen des Canals vollständig unterdrückt seien. Das sofortige Verschwinden der Motilitätsstörungen, wenn nur ein einziger Canal durchschnitten wird, sowie die Wiederherstellung der Tauben, selbst nach Durchschneidung beider Canäle, weisen im Gegentheil darauf hin, dass die Function der Canäle auch nach ihrer Durchschneidung sich erhalten kann. Dieses begreift sich: in Anbetracht der Anordnung der anatomischen Elemente in diesen Canälen kann die Durchschneidung ihre Functionen nur trüben, oder doch nur einen Theil derselben zerstören, denjenigen z. B., welcher von den durch die Operation vom Nervenstamm abgetrennten Nervenendigungen abhängt.

Daraus folgt also, dass, um zu bestimmen, ob das Gehör nach Abtragung der Bogengänge persistirt, es nicht genügt, sie zu durchschneiden; man muss sie vollständig zerstören, was ich denn auch zu wiederholten Malen gethan habe, indem ich die häutigen Canäle, mitsammt den Ampullen, durch die in den knöchernen Canälen angebrachten Oeffnungen entfernte.

Die so operirten Tauben zeigen, wenn sie sich erst einmal beruhigt haben, sehr lebhafte Reactionen gegen alle Geräusche.

Die Gegenwart dieser Canäle ist also nicht nothwendig für das Fortbestehen des Gehörs. Da es ausserdem festgestellt ist, dass sie als peripherische Organe des Raumsinns fungiren, ist es nothwendig, im achten Paare zwei Nerven zu unterscheiden, welche mit zwei physiologisch vollkommen getrennten Functionen betraut sind.

Gleichwohl scheint mir der von Flourens gemachte Vorschlag, auf solche Weise ein dreizehntes Paar Hirnnerven zu den übrigen hinzuzufügen, nicht annehmbar zu sein, weil wir ja auch unter den übrigen Paaren Vereinigungen von mit den verschiedenartigsten Functionen bekleideten Nerven aufzuweisen haben.

Man könnte sich damit begnügen, das achte Paar, anstatt es wie bisher Nervus acusticus zu nennen, fortan als Nervus vestibulo-cochlearis (Vorhof-Schneckennerv) zu bezeichnen.

Von dem Punkte an, wo der Nerv sich theilt, kann man einem jeden seiner beiden Aeste seine physiologische Benennung beilegen: den zur Schnecke sich begebenden Ast Hörnerv, Nervus acusticus, den in den Canälen und in deren Ampullen sich verzweigenden Ast Raumnerv oder Orientirungsnerv, Nervus spatii, nennen.

Diese Theilung des achten Paares in zwei besondere Nerven ist weit davon entfernt, ihre Begründung nur in physiologischen Erwägungen

zu finden; vielmehr vindicirten, lange bevor die Functionen der halbzirkelförmigen Canäle erkannt worden waren, die Anatomen dem achten Paare zwei gesonderte Ursprungsstellen sowie auch zwei verschiedene Gattungen von Nervenfasern.

Besonders war es Prof. Stieda in Dorpat, der in sehr ausführlicher Weise diesen doppelten Ursprung des achten Paares beschrieb. Eine seiner Wurzeln entspringt von einem am Boden des vierten Ventrikels belegenen Kerne kleiner ganglionöser Zellen. Die zweite Wurzel besteht aus Axencylindern, den stärksten im Körper vorkommenden, und entspringt von einem in den Kleinhirnschenkeln belegenen Kerne grosser Zellen. Diese letztere Wurzel trägt, nach Art der hinteren Rückenmarkswurzeln, dicht neben ihrem Austritt aus dem Rückenmark ein kleines Ganglion.

Vereinigt bilden diese beiden Wurzeln das achte Paar; dasselbe theilt sich abermals im Meatus auditorius internus in zwei Aeste: den Vorhofsast und den Schneckenast (Ramus Vestibuli und Ramus Cochleae)*).

Meiner Anschauungsweise zu Folge vermittelt nur dieser letztere Ast das Hören; der erstere dient bei den Thieren zur Orientirung im Raume, sowie beim Menschen zur Bildung der Raumbegriffe.

Bisher pflegten die Zoologen jedes Endorgan eines dem achten Paare entsprechenden Nerven als Gehörorgan zu beschreiben. Mir ist indessen keine einzige Beobachtung bekannt**), welche die Gehörfähigkeit niederer Thiere bewiese.

Gewöhnlich reagiren dieselben nicht gegen Geräusche; ein Hörorgan wäre übrigens für diese Thiere von sehr problematischem Nutzen.

Dagegen ist ein Orientirungsorgan allen bewegungsfähigen Thieren unentbehrlich: und wenn wir, in der Thierreihe abwärts steigend, den Bau der sogenannten Gehörorgane studiren, können wir uns davon überzeugen, dass es die Schnecke ist, die zuerst verschwindet, während die Bogengänge, und vor allem die Säckchen, noch erhalten bleiben.

§ 31. Experimente über die Canäle der Neunaugen.

Von diesem Gesichtspunkte aus schien es mir interessant, das Gehörorgan der Neunaugen zu studiren. Diese Thiere, die mit den Myxinoiden auf der niedrigsten Stufe der Wirbelthierreihe stehen, besitzen bekanntlich als Gehörorgan nur ein Säckchen mit zwei Bogengängen.

Die anatomische Anordnung dieses Organs ist sehr unvortheilhaft für ein akustisches Organ: Es ist nämlich das Säckchen sammt den Canälen in eine kleine knorpelige Kapsel eingeschlossen, welche nur eine einzige für den Durchtritt des Nerven bestimmte Oeffnung besitzt und von einer starken Muskelschicht bedeckt ist.

Wie man sieht, wäre es schwer, Bedingungen ausfindig zu machen, die für die Fortpflanzung des Schalles bis zu den Nervenendigungen

*) In Betreff der weiteren anatomischen Details vergl. die Arbeit Prof. Stieda's.

**) Prof. Hensen's Beobachtung bei Crustaceen scheint mir für die Hörfähigkeit dieser Thiere wenig beweisend; es wäre unschwer, mit Hülfe der Luftvibrationen auch jede andere Nervenfaser in Schwingungen zu versetzen, ohne dass man aus solchen Schwingungen irgend eine Beziehung dieser Fasern zu Gehörsempfindungen zu folgern berechtigt wäre.

ungünstiger wären, als die soeben angegebenen sind. In der That ist es mir unmöglich gewesen, bei den Neunaugen die allergeringste Reaction gegen Geräusche hervorzurufen.

Aeusserst empfindlich gegen Lichtstrahlen, flüchten sie sobald ein lebhaftes Licht ihre Augen trifft; hingegen vermag auch der stärkste Lärm nicht sie zu veranlassen, von der Stelle zu weichen.

Ich habe Neunaugen in einem und demselben Aquarium mit Fröschen aufbewahrt und der Unterschied in der Reaction dieser Thiere gegen Geräusche war ein im höchsten Grade auffallender; es genügte die Thür des Zimmers, in welchem das Aquarium sich befand, zu öffnen, um die Frösche nach allen Richtungen flüchten zu sehen, während die Neunaugen regungslos und an ihren Saugnäpfen aufgehängt blieben.

Um meine Auffassungsweise der Functionen der Bogengänge zu controliren, habe ich diese Organe bei einigen Neunaugen zerstört. Die Ergebnisse dieser Operation haben meine Voraussetzungen im vollsten Maasse bestätigt: ebendieselben Organe, welche sich einer jeden Schalleinwirkung gegenüber so widerspänstig gezeigt hatten, beantworteten diesen operativen Eingriff in der allerauffallendsten Weise durch Locomotionsstörungen.

Die Operation selbst ist sehr leicht ausführbar: Man findet die knorplige Kapsel, welche dem Schädel anliegt, zwei Millimeter weit vom Auge, in diagonaler, gegen den hinteren Theil des Rückens verlaufender Richtung. Nach Entfernung der Muskelschichten entdeckt man die kleine Kapsel, die man mit Hülfe der Skalpellspitze eröffnet, worauf man das häutige Labyrinth mittelst einer langarmigen Pincette entfernt.

Wenn die Operation nur auf einer Seite ausgeführt wird, beobachtet man bei dem Neunauge unmittelbar nach der Operation Manègebewegungen und drehende Bewegungen um die Längenaxe des Körpers. Das Neunauge schwimmt in einem mehr oder weniger weiten Kreise umher und führt während dieser Bewegung öfters vollständige Umdrehungen des ganzen Körpers um die Längenaxe aus. Diese Bewegung ist eine überaus zierliche, zumal wenn das Thier nicht seiner ganzen Körperlänge nach gleichzeitig, sondern in langgestreckter Spirale sich dreht.

Sogleich nach der Exstirpation der beiden Canäle verharrt das Neunauge eine Weile ganz ohne Bewegung; es saugt sich nicht einmal vermittelst seiner Haftscheibe an, was es in allen anderen Fällen während ruhigen Verharrens an einer und derselben Stelle niemals zu thun unterlässt. Zwingt man es, seinen Platz zu wechseln, so bewegt es sich im Kreise und wälzt sich um die Längenaxe des eigenen Körpers. Während dieser Umwälzung ereignet es sich öfters, dass es auf dem Rücken liegen bleibt; dann fährt es fort sich in dieser Lage im Kreise zu bewegen und nur mit vieler Mühe gelingt es ihm, seine normale Körperhaltung wieder anzunehmen.

Dieselbe Erscheinung beobachtet man, wenn man es auf den Rücken umlegt; es schwimmt alsdann während einiger Zeit in dieser Lage: macht es Halt, so sucht es vermöge des dorsalen Theiles seiner Haftscheibe sich anzusaugen, und nur nach mehrfachen fruchtlosen Versuchen nimmt es seine normale Stellung wieder ein. Oft wird diese Manègebewegung in einer senkrechten Ebene ausgeführt, indem das Neunauge, Kopf und

Schwanz mit einander in Berührung bringend, zu einem vollständigen Kreise sich krümmt.

Mögen nun die Bogengänge nur auf einer Seite oder aber auf beiden Seiten zerstört sein, immer wird durch die Operation die gewohnte Trägheit der Neunaugen noch beträchtlich gesteigert. Sie bleiben Tage lang mittels ihrer Saugnäpfe an derselben Stelle haften und verlassen diese nur, wenn sie durch einen äusseren Einfluss dazu gezwungen werden. In dem Augenblicke, wo ich diese Zeilen niederschreibe, besitze ich Neunaugen, die vor sieben Wochen in der beschriebenen Weise operirt worden sind, und die Störungen ihrer Bewegung sind unverändert dieselben geblieben. Bedecke ich ihre Augen mit einer kleinen Mütze, so zappeln sie an derselben Stelle oder schwimmen rückwärts. Ein Neunauge, dessen Bogengänge unversehrt sind, macht, wenn man es in die gleiche Situation versetzt, mit seinem Schwanze Anstrengungen, die Mütze abzustreifen, und setzt dieselben so lange fort, bis sein Zweck erreicht ist.

Ich verfügte über eine allzu geringe Anzahl von Neunaugen, um mich darin üben zu können, an jedem einzelnen Canale gesondert zu operiren; aber nach den Bewegungsstörungen, die ich in Folge der Zerstörung ihrer Canäle beobachtet habe, möchte ich behaupten, dass diese letzteren dem wagerechten Canale und dem oberen senkrechten der übrigen Wirbelthiere entsprechen.

Ich beabsichtige, meine Studien über die Bewegungen der Neunaugen noch weiter zu verfolgen. Bekanntlich wechseln diese Thiere nur ungern ihren Platz. Ihre Art sich von einem Orte an einen andern fortzubewegen besteht darin, dass sie sich mit ihren Haftscheiben an ein Boot oder an den Schwanz eines anderen Fisches ansaugen. Wenn sie schwimmen, so halten sie immer die Richtung nach vorn, nach hinten, nach oben oder nach unten ein; niemals habe ich ein Neunauge sich rechts oder links wenden oder eine diagonale Richtung wählen sehen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese Lücke ihrer Motilität durch die Abwesenheit eines dritten Bogenganges bedingt ist. Ihre einzige, in der Nähe des Schwanzes befindliche Flosse, weist gleichfalls darauf hin, dass ihre Bewegungsfähigkeit eine sehr beschränkte ist.

Wie dem auch sei, es ergiebt sich aus den von mir angestellten Experimenten, dass bei den Neunaugen, die ja keine Schnecke besitzen, das sog. Gehörorgan wahrscheinlicherweise zu nichts Anderem dient, als zur Orientirung im Raume. Wäre es allzugewagt, daraus den Schluss zu ziehen, dass bei wirbellosen Thieren die sog. Gehörorgane lediglich Organe des Raumsinnes oder allermindestens Orientirungsorgane sind?

Ich erlaube mir die Aufmerksamkeit auf noch einen Punkt zu lenken, den man nicht aus dem Auge verlieren darf. Weiter oben bin ich dazu gelangt, in den Bewegungen der Otolithen die Quelle der Erregung der peripherischen Endigungen unseres Sinnesorgans zu erblicken. Nun aber steht es fest, dass die Otolithen sich bei allen Thieren vorfinden, die ein Gehörorgan, und wäre es ein noch so rudimentäres, besitzen.

Es wäre überflüssig, des Weiteren ausführen zu wollen, wie sehr diese Thatsache geeignet ist, meine Auffassungsweise der Functionen der Bogengänge zu unterstützen.

Namen-Register.

A.

Abbe 246.
Afanassief 1.
Aladoff 183, 219.
Asp 118.
Aubert 335.

B.

Barthold 291, 294.
Bell, Ch., 223:
Bell (Graham) 247, 248, 249.
Bernard (Claude) 82, 83, 85, 86. 133, 184, 185, 187, 188, 191, 192, 268, 269, 298.
Bernstein 64, 106, 107.
Bert (Paul) 150, 154, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 163, 165, 168, 171, 174, 180, 181.
Bezold 55, 56, 59, 60, 62, 65, 68, 70, 71, 204, 205, 206, 207, 208, 237, 238.
Bloch 264.
Bornhardt 190, 291, 294, 331.
Böttcher 264, 284, 304.
Breuer 285, 287, 288, 290, 291, 292, 293, 294, 297, 304, 305.
Brewster 245.
Brondgeest 200, 201, 203, 205, 207, 209, 215, 216, 217.
Brown-Séquard 273.
Budge 76.
Bunsen 157, 199.

C.

Calliburcès 2.
Chauveau 219.
Cohnheim 239.
Croce-Spinelli 157.
Crum-Brown 285, 289, 290, 291, 292, 293, 298, 304.
Curschmann 291, 294.
Cyon (M.) 55, 58, 76, 186, 189.
Czermak 20, 38.

D.

Darwin (der Aeltere) 271.
Delboeuf 313.
Dittmar 130, 143, 144.
Dogiel 111, 113, 114, 117, 126, 238.
du Bois-Reymond 55, 57, 61, 79, 156, 172, 202, 208, 219, 249.
Dumas 165.

E.

Eckhardt 1, 146, 147, 184, 185.
Engelken 219.
Engelmann 242.
Ewald 149, 153.
Exner 236, 328.

F.

Fick 27, 41, 115, 139, 219, 220.
Flourens 250, 265, 266, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 277, 285, 289, 290, 294, 295, 296, 301, 305, 306. 307, 328, 330, 335, 336.
Foucault 211.

G.

Galen 58.
Giannuzzi 237.

Goltz 250, 251, 265, 274, 289, 290, 291, 292, 293, 295, 296, 305, 326, 327, 332, 333.
Grèhant 152, 153, 157, 182.
Grey 247.
Grove 232, 233.
Gruenhagen 210.
Guttmann, P., 208, 209, 216, 219.

H.

Hallé 59.
Haller 58.
Harless 1, 2, 203, 216.
Heidenhain 38, 118, 125, 127, 129, 130, 131, 132, 135, 136, 137, 138, 143, 144, 145, 146, 151, 169.
Heidenhain (Georg) 216, 237.
v. Helmholtz 27, 199, 229, 245, 248, 253, 268, 292, 312, 313, 314, 329.
Henle 202.
Henry (Jos.) 199.
Hensen 337.
Herbart 315.
Hering (E.) 135, 153, 268, 312. 314.
Hermann 82, 204, 298.
Herzen 108.
Hippokrates 58.
Hirschberg 246.
Hitzig 306.
Hoppe-Seyler 166.
v. Humboldt 59.

I.

Istomin 182.

K.

Kant 312, 313, 314.
Keil 113.
Klug (Ferdinand) 172, 173.
Kölliker 243.
Kowalewsky 126.
Krause 245.

L.

Lauder Brunton 102.
Le Gallois 58, 59, 60, 61, 76.
Liebig 182.
Loder 72.
Longet 251, 252, 253, 276.
Lotze 316, 318.
Lovén 46, 95.
Löwenberg 250, 251, 255, 259, 273, 274, 289, 290, 301.
Ludwig 2, 38, 39, 56, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 76, 84, 95, 111, 112, 118, 136, 140, 146, 151, 157, 182, 186, 197, 237, 290.

M.

Mach 267, 270, 274, 272, 286, 287, 288, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 304, 320, 321, 322, 332, 333.
Marey 20, 28, 42, 63.
Mayer (S.) 220, 221.
Meissner 202, 204.
Menière 328.
Mermod 166.
Meyer (B.) 147.
Müller (Johannes) 289, 312, 213.
Müller (W.) 149, 165, 169, 179.

N.

Nagel 335.

O.

Oppel 222.
Oser 226.
Owsjannikoff 130, 143, 144, 146.

P.

Panum 171, 194.
Pasteur 167.
Pavy 184.
Pelikan 195.
Percy 59.
Pfeufer 202.
Pflüger 149, 153, 157.
Philippeaux 223.
Plateau 222.
Poiseuille 152.
Pokrowsky 55, 61.
Polkow 147.
Purkinje 217, 270, 271, 272, 286, 287, 288, 291, 299, 307, 320.

R.

Redwood 194.
Regnault 159.
Reiset 159.
Remak 240.
Riegel 136, 137, 138.
Riess 247.
Rosenthal 1, 31, 147, 228.

S.

Schelske 1, 2, 36, 109, 147, 169.
Scherschewsky 226, 227.

Schiff 76, 83, 87, 108, 150, 153, 183, 185, 188, 229, 233, 273.
Schlesinger 226.
Schmiedeberg 147.
v. Schröder 196.
Schwalbe 217.
Schwann 240, 296.
Schweigger-Seidel 238, 239.
Setschenoff 108, 229, 233.
Skrebitzky 335.
Slaviansky 176.
Solucha 251, 255, 264, 275.
Stefan 249, 245.
Steinmann 110, 137, 209, 216, 217.
Stieda 337.
Syvel 157.

T.

Thiersch 243.
Thiry 39, 55, 56, 60, 61, 65, 76, 77, 186.
Traube 69, 70, 102, 135, 136, 139, 146, 149, 150, 151, 152.
Tschirieff 132, 133, 136, 176.
Türk 229, 230, 232, 235.

U.

Uspensky 204, 205, 207.

V.

Van Deen 219.
Volkmann 111, 113, 114.
Vulpian 219, 220, 222, 223, 273, 290.

W.

Weber (E. H.) 76.
Weber (F. F.) 296.
Wilson (Philipp) 58, 59, 61, 76.
Wundt 30, 217.

Z.

Zöllner 222.

Berichtigungen.

Seite 83, Zeile 4 von oben statt Taf. 2 lies Taf. 3.
„ 204, „ 17 „ „ „ 1876 lies 1867.
„ 265, „ 16 „ „ „ rendus, de lies rendu de
„ 269, „ 16 „ „ „ TXVIII. lies T. XVIII.

Erklärung der Tafeln.

Tafel 1. Vorrichtung zur Unterhaltung künstlicher Circulation im Froschherzen. (Siehe Seite 3, 4 und 5.)

Tafel 2. *Fig. 1.* Halsnerven des Kaninchens (S. 39). — *Fig. 2.* Herznerven des Kaninchens. — *Fig. 3* stellt die Lage des letzten Hals- und ersten Brustganglions mit ihren Zweigen im Verhältniss zu den übrigen Organen dieser Partie beim Hunde dar. Der N. vagus und sympathicus liegen in derselben Scheide und sind zusammen mit dem letzten Halsganglion etwas in die Höhe gezogen um seine Verzweigungen, die sonst durch die Venen verdeckt werden. — *Fig. 4* zeigt die Verästelungen dieses Ganglions bei einem anderen Thiere. Der N. sympathicus ist durch Präparation vom Nervus vagus getrennt worden. Nahe an dem Ganglion cerv. infer. waren dieselben schon von Natur getheilt. Die beiden Ganglien sind mit den Wurzeln des Plexus brach. herausgeschnitten und auf ein Brett ausgespannt worden. Die weiteren Aufklärungen sind durch die Schrift der Tafel angegeben.

Tafel 3. *Fig. 1.* Verzweigungen des isolirten Ganglion-Stellatum. — *Fig. 2.* Ganglion-Stellatum präparirt wie auf Seite 87 angegeben.

Tafel 4. An die senkrechten Ordinaten sind die Temperaturen angeschrieben und zwar in Graden der Centesimalscala; auf die wagerechten Ordinaten ist die Zeit aufgetragen.

Tafel 5. *Fig. 1.* Die Halsnerven des Pferdes frisch präparirt; nur der die Carotis versorgende Plexus etwas mit Essigsäure behandelt. — *Fig. 2.* Der Ursprung des Depressor, nachdem das Präparat längere Zeit in Essigsäure gelegen hat. *A* = ein unbekannter Ast des N. vagus; *B* = N. laryngeus sup.; *a*, *b* und *c* = die Wurzeln des N. depressor; *D* = N. vagus; *E* = Gangl. cervicale; *F* = Art. carotis; *G* = N. sympathicus.

Tafel 6. *Fig. 1.* Durchleitungsapparat. (Siehe S. 139) — *Fig. 2.* Zeichenscheibe. — *Fig. 3* und *4.* Vorrichtung zur Auslösung einzelner Reize; *c.* ein einarmiger Hebel, drehbar um die Axe *h*—*f*; Feder zur Fixirung des Hebels *c.*: *g* und *g'*. Klemmschrauben. (Siehe S. 228.)

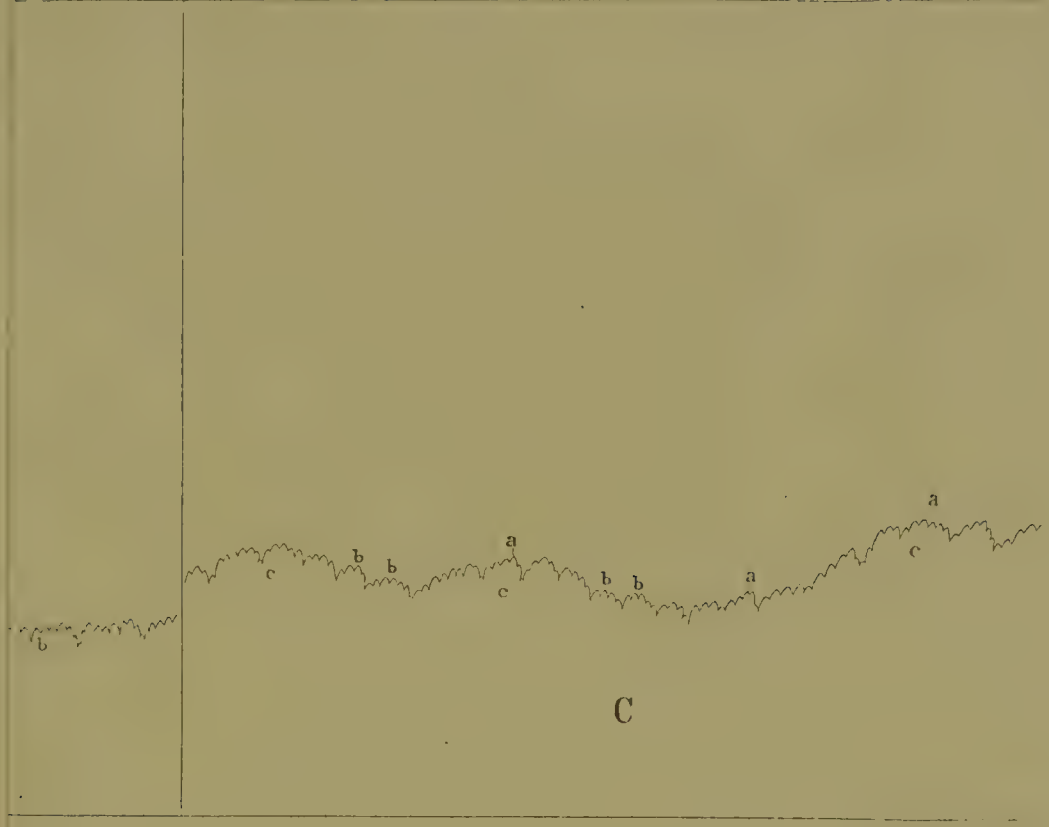
Tafel 7. *A.* Unvergiftetes Kaninchen. Luftathmung. — *B.* Unvergiftetes Kaninchen. Sauerstoffathmung. — *C.* und *D.* Kaninchen curarisirt. *C.*: künstliche Lufteinblasung. *D.*: Sauerstoffeinblasung. Trommeldrehung absichtlich verlangsamt. Höhe um die Hälfte verkleinert. — *E*, *F*, *G.* Curarisirter Hund. Künstliche Circulation im Gehirn. *E.*: nach Durchschneidung beider Vagi. *F.*: Aufhören der Circulation durch das Gehirn; gewöhnliche Athmung. *G.*: Apnoëtische Lufteinblasungen, Beginn.

Tafel 8. *H.*, *I.*, *K.* Curarisirter Hund. *H.*: Mitte, *I.*: Ende der apnoëtischen Athmung. *K.*: sofort nach der gewöhnlichen Athmung. (Fortsetzung des Versuchs, der oben S. 142 abgedruckt ist; die Curve ist dort mehr als zur Hälfte kleiner gedruckt worden.) — *L*, *M*, *N.* Nulllinie für die 3 Curven gemeinschaftlich. *L.*: Fort-

setzung von *K* nach Aufhören der künstlichen Athmung und Eröffnung der Brusthöhle. *M.*: Folge von *L.*, eine der verlängerten Traube'schen Wellen, *N.*: Folge von *M.* — *O.* und *P.* Curarisirtes Kaninchen. *O.*: Apnoë durch Lufteinblasungen. *P.*: durch Sauerstoffeinblasungen.

Tafel 9. *Fig. 1.* Nerven der Scheidewand zwischen Bauchhöhle und Cysterna magna lymphatica Goldpräparat. $^1/_{200}$. — *Fig. 2.* Eine andere Stelle desselben Präparates. $^1/_{500}$. — *Fig. 3.* Einzelne Nervenfaser, ebendaher, mit zwei Kernen in der spindelförmigen Anschwellung. Essigsäure. $^1/_{500}$. — *Fig. 4* Schlingen feinster Nervenfaser von derselben Stelle. *A.* Goldpräparat. *B.* Carminpräparat. Räumlich verkürzt gezeichnet. — *Fig. 5.* Feine kernführende Nervenfaser aus dem Netze des Kaninchens. Silberpräparat. $^1/_{300}$. — *Fig. 6.* Aus dem Mesenterium des Meerschweinchens. Essigsäure. $^1/_{500}$.

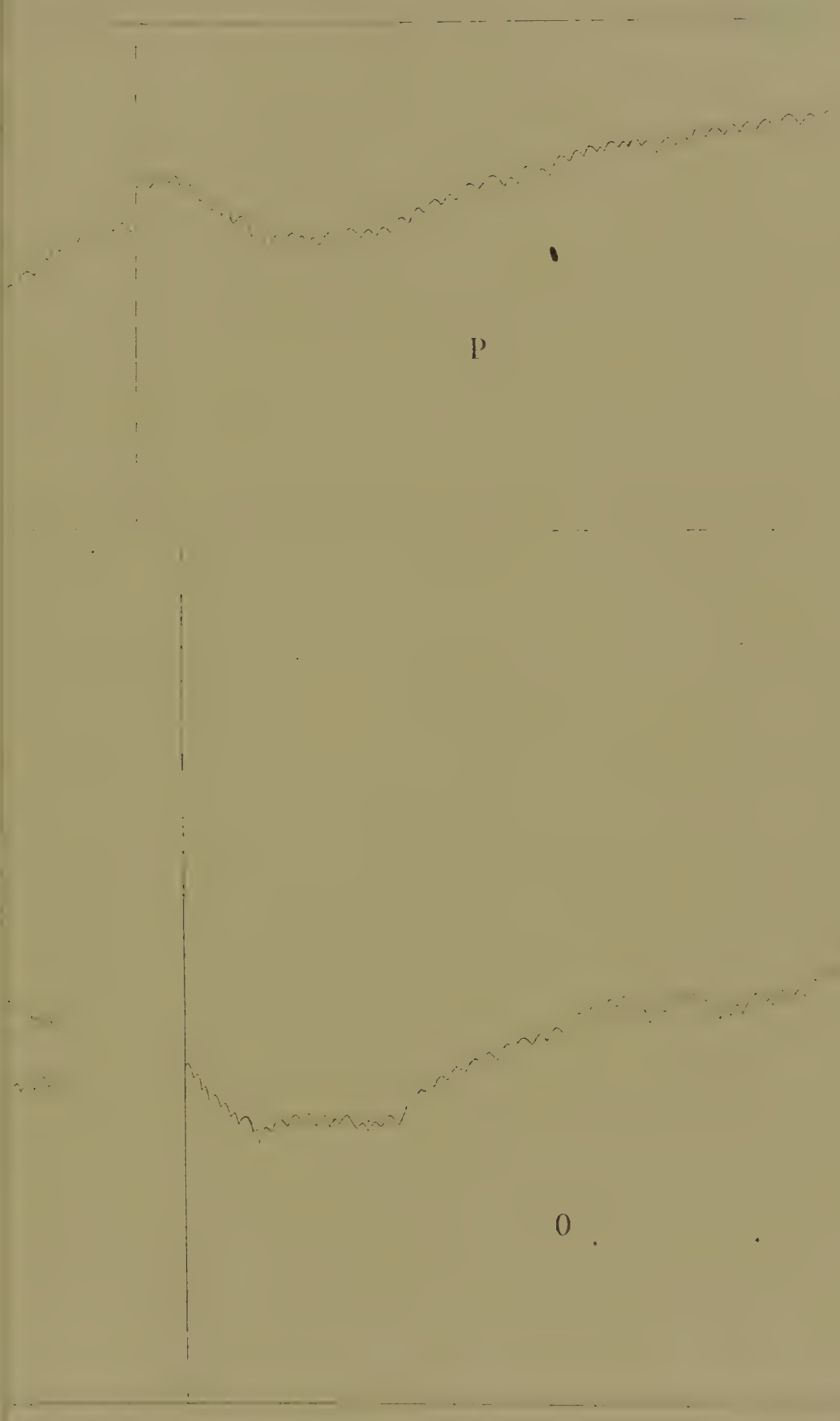
Gedruckt bei L. Schumacher in Berlin.



C

G

Lith. Inst. v. Ad. Schultze, Berlin.


P
O